





ESEN-CPS-BK-0000000610-ESE

**436105**





كتاب

الاصول الوافية في علم القسوغرافيه

تأليف

حضرة حسن افندي حسني

مدرس رياضيه بمدرسة المهندسخانه الخديويه

قررت نظارة المعارف العموميه استعمال هذا الكتاب بالمدارس الاميريه

(حقوق الطبع محفوظة لنظارة المعارف)

(الطبعة الاولى)

بالمطبعة الكبرى الاميريه بيولاقي مصر المحمديه

سنة ١٨٩٠

افرنجيه









## ( بسم الله الرحمن الرحيم )

لئلا يدبر هذا العالم من معاني الحمد نظام بديع وليس في الامكان ويا مقدّر الليل والنهار من معالي المجد بناء رفيع ثابت الاركان هما في أفق هذا التأليف مركز الدائرة وفي سماء هذا التصنيف نجومها الزاهرة فسبحانك فاطر السموات بعظيم قدرتك على طبق ما أراه علمك المكنون وبارئ الشمس والقمر بحسبان حكمتك فلا الليل سابق النهار وكل في فلك يسبحون والصلاة والسلام على شرف مراتب الوجود وأوج منازل السعود الذي علا مقامه فوق السماكين حتى كان قاب قوسين وعلى آله وأصحابه نجوم الاهتداء وأدلة الاقتداء ( أما بعد ) فلما كانت حاجة الناس الى العلوم حجة الورد والصدر ومحجة الجامع دليل النظم فهي داعية طلابها والباعث لتزاحم طلابها فدرك وقاصر بعد الجديسيان ومقارن ومقارب مع السعي مستويان اذ كل منهما مجتهد وعلى المرء أن يجتد وان لم يجتد وكان هذا حكم المتعلمين فهو سار عند المؤلفين والمعلمين اذ بين افرادهما ولا شك تباين في الغاية

فن بالغ أوج المعالي مكانة \* ومن باهت قد كل في الافق ناظره

ولكن لا يصلح الاكداء في الشيء معذرة لمن ضمن به فان المقل قد يكون سمعاً وان قصر طول بالبدل فعليه تبعه التقصير كرب الكثير ورب نذر صادق القبول فصاذا لحظ وذلك هو ما بعث في روح الامل ودعاني الى تصنيف كتابي هذا في علم نزع عن هذه الديار ريثما جفت أبنائها وان كان لم يزل اليها حنينه ونسبته

كتور الشمس مطمح كل عين \* وحاجبها اذا سدلته حاجب

وما على الناظر غير رفع الحاجب وقدمضى حين من الدهر على الامّة المصرية وأضواء المعارف دونها حجب موانع وغاشيتها مضلات النفوس حتى طلع فجر الهدى الصادق وأشرقت شمس العلم في أفق عصر من مصر نور التوفيق

فن هديت اهتدى أولاً فلا عجب \* أن ليس يدري بسر الذات أسماء

قد هتدى بنجوم الليل ذو بصر \* وقد يضل ضياء الشمس عمياء



فكان لجسمها روحا بعثت فيه حركة الحياة النافعة فنشطت الاعضاء للعمل وعمرت المدارس  
وكان من تمام عناية الله أن وفق لصاحب التوفيق رجالا بهم مهمهم تسنى لسموه أن يجيب صوت  
الامة الخافت لاعادة مجدها وارجاع سعدا فلئن كانت الادارة منحت نفحة الرياض فالمعارف  
أفقهامبارك الطالع وربها على الهمة يعنيه فلاحها ويهمه نجاحها فهو لها الاب الرحيم  
من قبل ومن بعد فهو الوزير الذي دانت له المعارف وأقامت ذكره العلوم والعوارف وربته  
في مهدها صغيرا وحلته بمجدها كبيرا فهو الآن ومن قبل يوفى ذلك الدين بتشديد بنيانها  
وتجديد عزها بعد هوانها والبرهان على انه رجلها الوحيد ما نراه من انتشار أندية العلم  
واتساع نطاق المدار في أرجاء القطر وقد عهد لها بأساتذة مهتة أفكارهم وأسنداد ارتها  
الى رؤساء هم أعلم بمواجبها وأحرص الناس على القيام بواجبها وكان ولا شك في مقدمتهم  
حضرة العالم العامل الرياضي الشهير احمد ذهني بك ناظر مدرسة المهندسخانة من أجالهم عملا  
وأرفاههم همة وأشدهم مسارعة الى القيام بحقوق البلاد العلمية قد أسندت الى همته  
عهدتها فدبرها وأحسن نظامها وادارتها وأكسبها الذكرا الحسن والشهرة السامية  
وقد أشار على أن أواف كتابا في القسموغرافيه باللغة العربية يجمع أصول العلم بأسلوب يقرب  
تناوله وأنموذج يسهل على الافهام تداوله اذ لم يكن لهذا الفن مع اتساع نطاقه وشدة الحاجة  
اليه وعظم منفعته كتاب غير ما ألف باللغات الاجنبية وكنت أنا ممن تدعوه العواطف  
الوطنية الى الشروع في تأليف كتاب كهذا بلغة الامة لتنافر أذهان المتعلمين وتجاويزها عن قبول  
المؤلفات الاجنبية لولا ما أعانيه من مشقة التلخيص والتحضير ولست أكبر هذا العناء  
في جانب خدمة عهدتي اذ كنت المنوط بتعليم هذا الفن الجليل فليت دعوتيه على  
اعتراف مني بالقصور لولا عون الامل ودعوة الداعي وخدمة العلم ومنفعة البلاد وسميته  
(الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه) ولم أراع في ترتيب أوضاعه وتنسيق اسلوبه  
كفاءة طلابه من أبناء المدارس العاليه بل أردت تعميم المنفعة وتعيم الفائدة بوضعه في قالب  
يكاد يرفع عن معناه القناع ويعرب عن حقائقه بمجرد الاطلاع فقليل المام في الرياضة كفيل  
بالوصول الى معناه كيلا يكون على العلم حجاب ولا يعز التحصيل على الطلاب

هذا وحظ العامل أن يمنحه الغير نظر القبول فالنفع متوقف عليه وتمام كل شيء به واليه  
وما يكون فيه من خطأ فالانسان مصدره وما لليراع ذنب فيه وهما أنا أتبرأ اليك أيها المطلع من  
دعوى الاعتصام من الخطأ والخطى والزلل وأشرع فيما قصدت فأقول والله خير كفيل  
وهو حسبي ونعم الوكيل



## الباب الاول

في السماء

### الفصل الاول

الشرق والغرب - الرأسى - سمت - الكرة السماوية -

الزاوية السمئية - التيودوليت

١ - منظر القبة السماوية - اذا اراد الانسان النظر الى السماء وكان في محل مكشوف ليس فيه ما يمنع امتداد النظر الى جميع الجهات فان الفراغ غير المحدود الذي تجرى فيه الكواكب كالشمس نهارة والنجوم ليلا يظهر على شكل قبة عظيمة تغطي جميع الافق . فاذا كان هذا الافق فضاء متسعاً وكان هو سطح البحر فالخط الفاصل بينه وبين السماء محيط دائرة يشغل الراى مركزه

وما يترآى من انخفاض قبة السماء أعنى قريباً من رؤسنا عن جهة الافق فهو بسبب توسط الجو الذى لطبقاته كثافة كلية تأخذ في الازدياد كلما انخفض أى مال الشعاع البصرى . والهواء الجوى هو الذى يعطى السماء وهى خالية من السحب اللون الازرق المفتوح وضوء الشمس يجعل هذا اللون صافياً راتقاً ممتدة النهار فتى غاب الشفق وحل الليل صارت زرقته شديدة العمق ومما يؤيد ذلك أن لونها يكون أكثر حلاكة اذا ارتقى الانسان جبلاً حتى لو أمكن رؤية السماء من نهاية الجو لوجدت سوداء بالكلية

وحينئذ فرؤيتنا للكواكب ليست الامن وراء حجاب . ولا بد أن نعلم أن جميع الظواهر السماوية تحصل من وراء الغلاف الهوائى ولا يفوتنا أن الارض هى أيضاً كوكب كسائر الكواكب التى تجرى في السماء

٢ - شروق النجوم وغروبها - اذا انتقل الراصد من مكان الى مكان آخر من سطح الارض تغير أفقه وتغير منظر السماء ولكن هنالك ظاهرة لا تتغير بتغير الافاق وهى شروق النجوم وغروبها وحركتها المشتركة في القبة السماوية التى مدتها يوم تقريباً



ألا ترى أن الشمس عند ظهورها تأخذ في الارتفاع شيئاً فشيئاً ثم بعد ذلك تأخذ في الانخفاض حتى تختفي في نقطة من الافق مقابلة للنقطة التي ظهرت منها فظهورها يسمى شروقاً واختفاؤها يسمى غروباً وبعد اختفائها يأخذ النور في الضعف شيئاً فشيئاً ويتبع الليل النهار وتظهر السماء مرصعة بجملة نقط مضيئة تسمى بنجوماً

وإذا نظرنا إلى هذه النجوم نراها تتحرك في جهة واحدة هي جهة حركة الشمس مدة النهار وتتظاهر من تلك الجهة التي أشرق منها الشمس بنجوم لم تكن من قبل وتختفي أخرى في الجهة المقابلة لها بمعنى أن النجوم تشرق وترتفع عن الافق ثم تأخذ في الانخفاض حتى تغرب على التعاقب في مدة الليل ويشترك القمر في جميع هذه الظواهر غير أن نقطتي الشروق والغروب لكل نجمة نجمة لا تتغيران في المحل الواحد بخلافها بالنسبة للشمس والقمر وبعض كواكب أخرى

٣ - الشرق والغرب - جهة الافق التي تشرق الكواكب منها تسمى شرقاً والجهة

المقابلة لها تسمى غرباً

٤ - الرأسى - السمت والنظير - رأسى أى محل هو الاتجاه الذى يأخذه خيط الرصاص في هذا المحل وهذا الاتجاه عمود على سطح المياه الراكد فإذا مد الرأسى من أعلى فانه يقابل الكرة السماوية في نقطة تسمى سمت الرأس أو السمت فقط وإذا مد إلى أسفل فانه يقابلها أيضاً في نقطة مقابلة للأولى تسمى سمت القدم أو النظير

٥ - الافق الظاهرى - الافق الحقيقى - الافق هو كل مستو عمود على الرأسى فإذا مرتعين الراصد تسمى أفقاً حقيقية والافق الظاهرى هو المحدد لنظر الراصد وأما الافق الرياضى فهو المستوى المماس للكرة الأرضية في نقطة وضع الراصد وهذه المستويات الثلاث تكاد أن تنطبق ومتى أطلقنا الافق فالمراد به الافق الحقيقى فى الغالب

٦ - الكرة السماوية - مستوى أول الرأسيات - تتوهم كرة نصف قطرها غير محدود ومركزها منطبق على مركز الأرض وإلى هذه الكرة المتوهمة التي نسميها بالكرة السماوية تنسب أوضاع الكواكب وحركاتها وبسبب صغر نصف قطر الأرض بمقارنته بأبعاد الكواكب المذكورة عنا كما يتضح فيمأسى أن يمكن أن يفرض أن مركز الكرة السماوية هو عين الراصد أو هو مركز الأرض بمعنى أن الأشعة البصرية الممدودة من مركز الكرة السماوية أو من عين الراصد أو من مركز الكرة الأرضية تقابل جميعها الكرة السماوية في نقطة واحدة ولكن هذا الأمر لا يتأتى بالنسبة للشمس والقمر ولكل سيار وبالجملة لا يجرم سماوى لا يمكن اعتبار بعده عنا غير محدود بالنسبة لأبعاد الأرض



والافق هو دائرة عظيمة من الكرة السماوية قطباها هما طرفا الرأسى أعنى السمى والنظير  
وكل مستوي يمر بالرأسى يكون عمودا على الافق ومستوى أول الرأسيات هو الذى يعتبر مبدءا  
لقياس الزوايا التى تكونها المستويات الرأسية فيما بينها أو التى تكونها آثارها على الافق  
واعتبار هذه الزوايا نافع فى تعيين الوضع الذى تشغله نجمة ما على الكرة السماوية فى لحظة  
معينة

٧ - الزاوية السمىة - الارتفاع - البعد السمى - الزاوية السمىة هى  
الزاوية السكائنة بين مستوى أول الرأسيات وأى مستوى رأسى آخر وليكن  $\alpha$  مستوى



ش ١

الافق (شكل ١) فوضع نجمة ما مثل  $\delta$  يكون  
معينا تعيينا تاما اذا علم سمت المستوى الرأسى المشتمل  
على هذه النجمة أعنى الزاوية  $\angle \text{ب و ب'}$  التى يصنعها  
هذا المستوى الرأسى مع مستوى أول الرأسيات  
وعلم القوس  $\angle \text{س د}$  الذى يقدر بعده الزاوى عن  
السمى المسمى بعده السمى أو علم القوس  $\angle \text{ب د}$   
الذى يقدر بعده الزاوى عن الافق المسمى ارتفاعها  
والبعد السمى والارتفاع لنقطة واحدة حيثما اتفق من القبة السماوية هما قوسان متمان  
لبعضهما لان السمى والافق متباعدان بقدر  $90^\circ$

وتحسب الزوايا السمىة بالابتداء من مستوى أول الرأسيات من  $0^\circ$  الى  $90^\circ$  وأما الابعاد  
السمىة فن  $0^\circ$  الى  $180^\circ$  والارتفاعات من  $0^\circ$  الى  $90^\circ$  وتكون موجبة اذا كانت فوق  
الافق وسالبة اذا كانت تحته

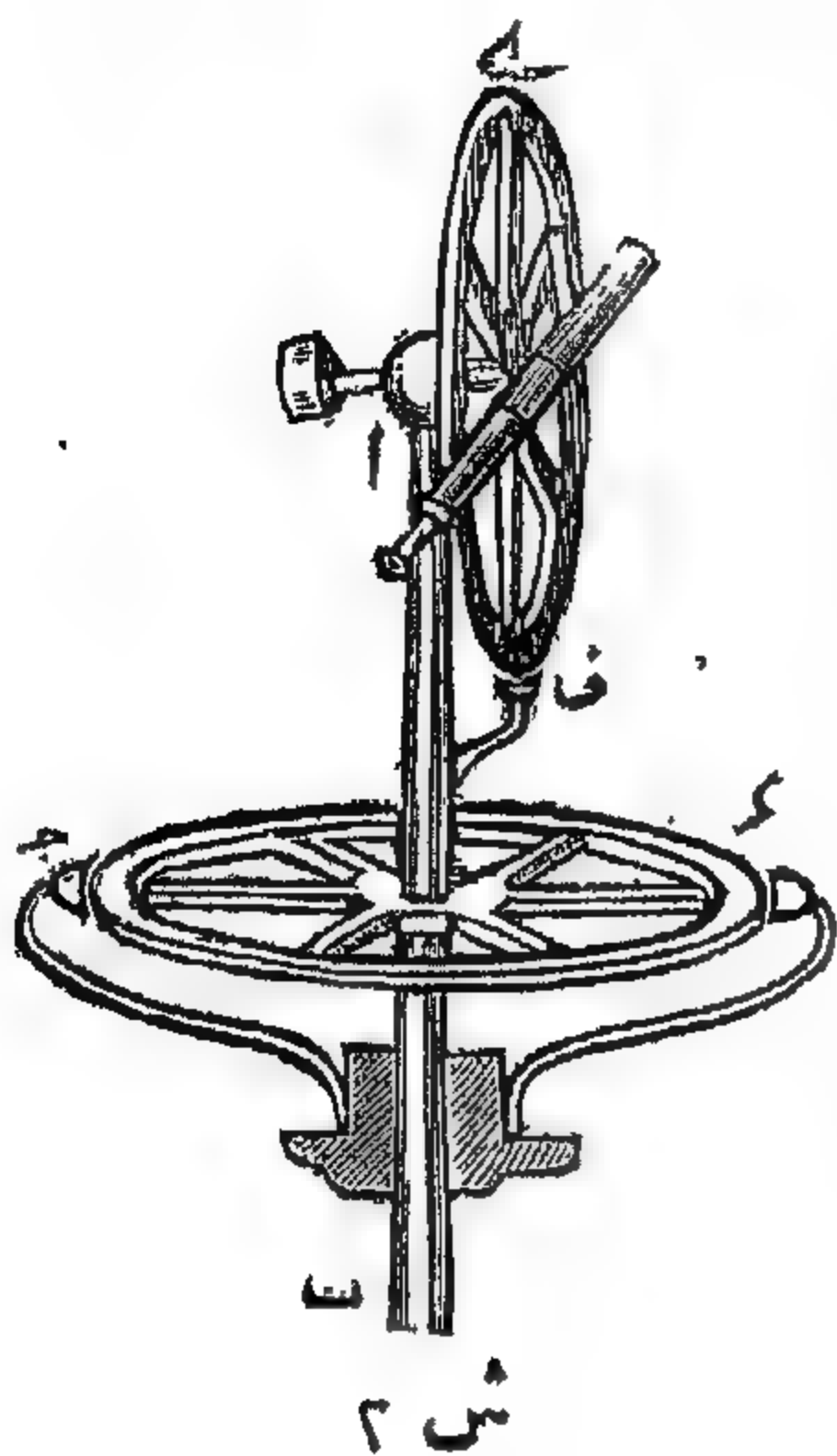
وسياقى بيان النقطة من الافق التى يمر بها مستوى أول الرأسيات وهى المجمولة مبدءا للقواس  
التي تقدر الزوايا السمىة

٨ - التيودوليت - قياس الزوايا السمىة والابعاد السمىة - التيودوليت هو  
الآلة المستعملة لقياس الزوايا السمىة والابعاد السمىة المسماة بالاجداثيات السمىة وهو  
يتركب من دائرتين مدرجتين احدهما  $\epsilon$  رأسية وتتحرك حول محور أفقى وتحمل  
نظارة تتحرك كذلك فى مستويها وعلى حافة هذه الدائرة يقاس البعد السمى لاي نجمة  
وأما الدائرة الاخرى  $\delta$  فهى أفقية وتحمل عضادة تتحرك حول مركزها وتقاسم هذه  
الدائرة تستعمل لقياس الزوايا السمىة



والمحور الأفقي الذي تتحرك حوله الدائرة الرأسية محمول على محور رأسي  $AB$  قائم في مركز الدائرة الأفقية  $C$  تتحرك الدائرة الرأسية حوله

بحيث يمكن وضع مستويها في مستوراى حيثما اتفق  
وتتبع العضادة هذه الحركة ووضعها في كل لحظة يدل  
على الزاوية السمعية للدائرة الرأسية متى كانت الآلة  
موطنة بحيث يكون صفر تقاسيم الدائرة  $\alpha$  منطبقا  
على نقطة الافق التي يقطعه فيها مستوى أول الرأسيات  
وبواسطة المسامير المقلوطة الموجودة في كرسى الآلة مع  
الموازين ذات الفقيعة الهوائية يجعل المحور أب  
رأسيا بالضبط وبالتبعية له يصير المحور الآخر أفقيا  
بالضبط و (شكل ٢) يبين رسم التيودوليت مختصرا



## الفصل الثاني

الحركة اليومية - محور العالم - مستوى الزوال - البعد السمتي للقطب -

## الآلة الاعتدالية

٩ - قوانين الحركة اليومية - اذا جعلنا الشرق عن يميننا والغرب عن يسارنا ونظرنا الى جزء السماء الذي أمامنا فانا نجد نجوما لا تغرب وترسم فوق الافق منحنيات مقفلة تكاد أن تكون مستديرة واحدى هذه النجوم تظهر غير متحركة في السماء والنجوم المجاورة لها ترسم حولها منحنيات صغيرة والبعيدة عنها ترسم منحنيات كبيرة وكذلك نجد نجوما تغرب في الغرب لتظهر ثانيا في الشرق بعد مسافة زمنية وينتهي الأمر ان الكرة السماوية ومعها جميع الكواكب تدور من الشرق الى الغرب حول مستقيم ما ربعينه وبالقرب من النجمة الثابتة وهذه الحركة الظاهرية هي ما تسمى بالحركة اليومية وهي تابعة لقوانين مخصوصة نذكرها فنقول

القانون الاول - المنحنيات أو خطوط السير التي ترسمها النجوم على الكرة السماوية هي أقواس من دوائر متوازية ذات قطب واحد ونقطة من هذه الكرة السماوية غير متغيرة



القانون الثانى - كل نجمة ترسم موازيتها بحركة منتظمة وجميع النجوم على اختلاف أبعادها عن القطب تقطع محيطات موازياتها بتمامها فى مدة واحدة ويسهل تحقيق صحة هذين القانونين بواسطة التيسودوليت بأن تؤخذ نجمة معينة ومن وقت الى وقت فى أثناء ليلة واحدة تداس أبعادها السمتية وزواياها السمتية المطابقة لهذه الأبعاد السمتية فكل جملة من القياسات تعين نقطة من خط السير ولتكن  $\odot$  و  $\odot$  و  $\odot$  و  $\odot$  ... (شكل ٣) أوضاع النجمة على كرة صناعية دائرتها العظيمة  $AA'$  هي أفق المحل وليكن  $وس$  هو الرأسى فإذا أمر بثلاث من النقاط المنحصلة المذكورة محيط دائرة يرى أن هذا المحيط يمر بالنقط الأخرى

ويتحقق أيضاً أن الأقواس  $\odot$  و  $\odot$  و  $\odot$  ... ذات أطوال مناسبة للمسافات الزمنية الفاصلة للأرصاد المتعاقبة أعنى مناسبة للزمن التى استعملتها النجمة فى قطع تلك الأقواس

وإذا أجرى هذا العمل لجملة نجوم أخرى سهل التحقق من كون جميع محيطات الدوائر التى ترسمها النجوم ذات قطب واحد

١٠ - محور العالم - القطبان السماويان - ينتج من القانونين السابقين ان الحركة اليومية ترى كأن السماء بأكملها تدور كأنها قطعة واحدة من الشرق الى الغرب بسرعة منتظمة حول خط ثابت يتغير ميله على الأفق اذا غير المحل الجارى فيه الرصد (اذا تغير العرض الجغرافى) ويلاقى الكرة السماوية فى نقطتين متقابلتين على قطر واحد غير متغيرتين (١) وهذا الخط هو ما يسمى محور العالم والنقطتان اللتان يلاقى الكرة السماوية فيهما تسميان بالقطبين السماويين اللذين لا يظهر فوق أى افق الأاحدهما

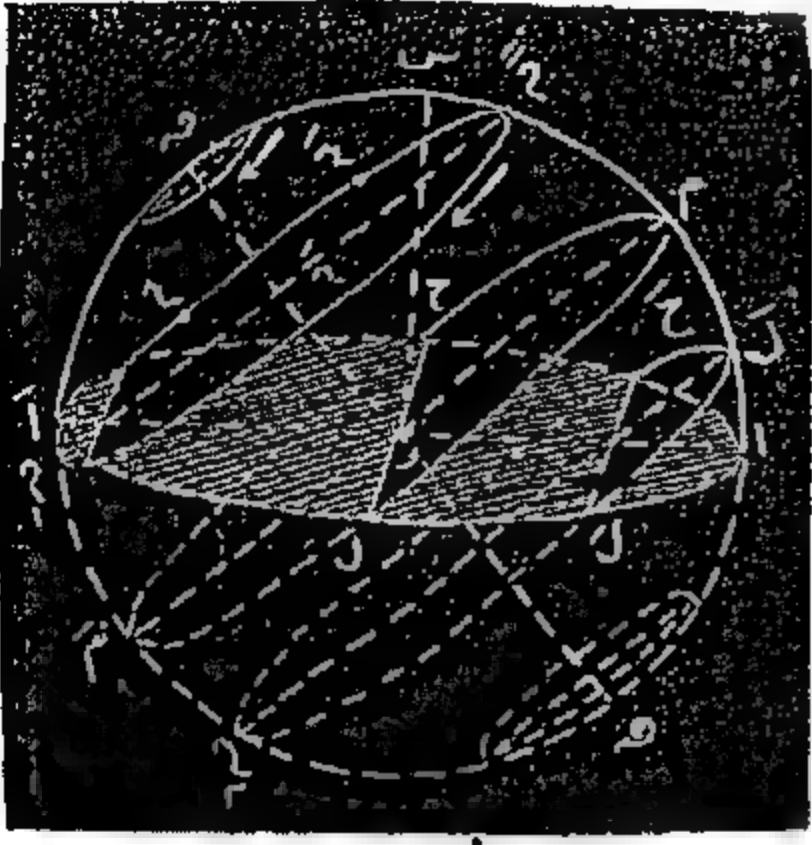
وهذه الحركة ليست الاحركة الظاهرية والحقيقة ان الارض هي التى تتحرك حركة منتظمة دورانية (رحوية) مدتها الثابتة يوم نجمى وهذه الحركة حاصلة فى جهة مضادة لجهة الحركة اليومية أعنى من الغرب الى الشرق ومحور العالم ما هو الا محور دوران الارض ممتدا حتى يلاقى سطح الكرة السماوية

١١ - خطوط سير النجوم - الموازيات - دائرة المعدل - تتكامل الآن على الأحوال التى تتميز بها الحركة اليومية على افق معلوم فنقول

(١) عدم التغير الذى ذكرناه هو ظاهرى لا حاسنى فيما سياتى أن اتجه محور العالم يتغير بتوالى الزمن ولكن ببطء عظيم يسوغ اعتبار القطبين السماويين نقطتين ثابتتين



لما كان المحور الحاصل حوله الحركة مائلا على وجه العموم على افق الراصد تكون خطوط



ش ٣

السير التي ترسمها النجوم موجودة في مستويات عمودية على المحور المذكور وبناء على ذلك تكون متوازية غير أن أنصاف أقطارها ليست متساوية كما تبين من (شكل ٣) ويرى أنه كلما كانت النجمة قريبة من القطب كان نصف قطر المحيط الذي ترسمه صغيرا وكانت حركتها بطيئة مع أن السرعة الزاوية لجميع النجوم واحدة كما ذكرنا فيما سبق والنجمة الموجودة في القطب نفسها تكون غير متحركة

وأما النجوم البعيدة عنه بقدر  $90^\circ$  فانها ترسم محيط دائرة عظيمة من الكرة هو ح م ل

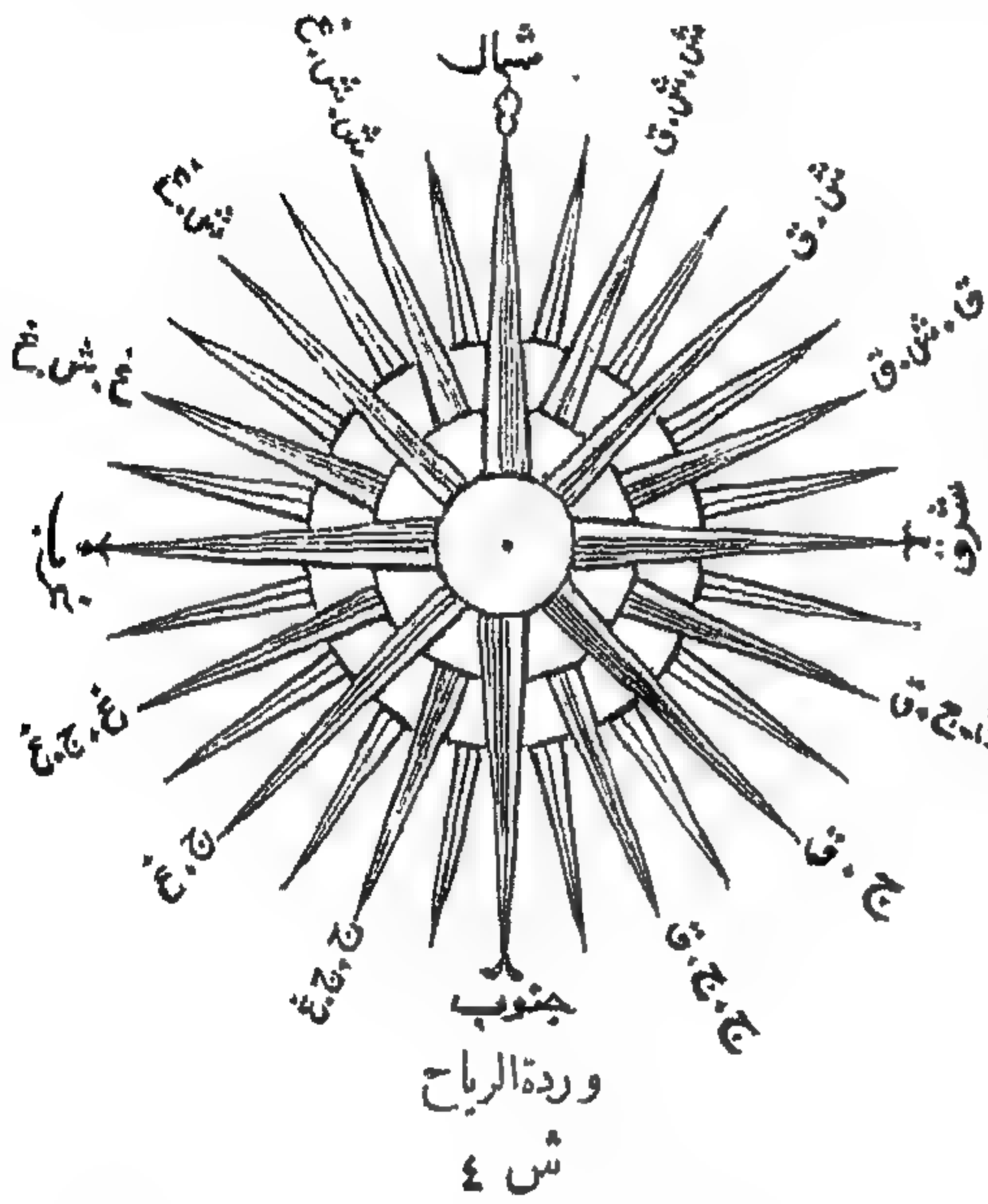
وخطوط سير النجوم ليست دوائر غير متساوية فقط بل الافق يقطعها الى قسمين غير متساويين بحيث ان الزمن الذي يعضى بين لحظة شروقها ولحظة غروبها يتغير من واحدة الى أخرى فبالنسبة لجميع النجوم التي على بعد من القطب أقل من  $90^\circ$  تكون مدة ظهورها أو وجودها فوق الافق أكبر دائما من مدة وجودها تحته أعني من المدة التي تكون غير متظورة فيها وتوجد بحلة نجوم مجاورة للقطب تبقى الموازيات التي ترسمها فوق الافق بأكملها فتكون على الدوام متظورة ولا شروق ولا غروب لها ولا تختفي عن العين الا متى غلب نور النهار ضوءها وتسمى أبدية الظهور

والموازي م م' الممدود على بعد  $90^\circ$  من أحد القطبين يقسمه الافق الى قسمين متساويين وهذا الموازي هو دائرة المعدل وبعدها الموازي مع التباعد عن القطب تأخذ أجزاء خطوط سير النجوم الموضوعة فوق الافق في النقص شيئا فشيئا وتزداد مدة غروب النجوم شيئا فشيئا حتى انه في الجزء الغير منظور من الكرة السماوية توجد نجوم لا تظهر فوق افق المحل البتة

١٣ - المتوسط - مستوى الزوال - اذا أمرت بالرأسى أو بالسمت وبمحور العالم مستويا فان هذا المستوى يكون رأسيا وله خاصية مهمة وهي أنه يقسم الكرة السماوية الى قسمين متماثلين بالنسبة للاقواس اليومية المرسومة بالنجوم وأجزاء هذه الاقواس الموجودة فوق الافق يقسمها هذا المستوى الى جزأين متساويين بسبب انتظام الحركة اليومية وتقطع النجمة هذين النصفين في زمنين متساويين وحينما تصل نقطة منتصف خط سيرها تصل الى أعظم ارتفاع لها وتسمى رأس خط السير هذه نقطة المتوسط . والمتوسط هو مرور النجمة بالمستوى المذكور المسمى مستوى الزوال وأثره على مستوى الافق يسمى خط الزوال



١٣ - النقط الاصلية - وردة الرياح - عدم تغير مستوى الزوال الناشئ عن عدم تغير محور العالم جعله صالحا لان يجعل مبدأ تعدد الزوايا السمعية فهو مستوى أول الرأسيات ونم ايتاخط تقاطعه بمستوى الافق أى طرفاخط الزوال هما الجنوب والشمال وتوجد نقطة الشمال فى الجهة التى يجب أن يتجه اليها الراصد لمشاهدة القطب الشمالى السماوى والمستوى الرأسى العمودى على مستوى الزوال يعين بتقاطعه مع الافق نقطتين هما الشرق والغرب



وهذه الجهات الاربع وهى الشمال والشرق والجنوب والغرب تسمى النقط الاربعه الاصلية ولهذه الجهات الاربع تنسب جميع الاتجاهات المتوسطة فاذا انصفت الزوايا الاربع الواقعة بين خط الزوال والعمودى عليه تحصل النقط المتوسطة بين النقط الاصلية وهى الشمال الشرقى والشمال الغربى والجنوب الشرقى والجنوب الغربى وبقسمة كل من هذه الزوايا الى قسمين متساويين يحصل على ٣٢ اتجاهها تسمى وردة الرياح (شكل ٤)

١٤ - تعيين مستوى الزوال - طريقة الارتفاعات المتطابقة - يستعمل لذلك التيودوليت بالطريقة المعروفة بطريقة الارتفاعات المتطابقة وذلك أن من المعلوم ان مستوى الزوال يقسم القوس المرسوم بنجمة فيأبىن لحظة شروقها ولحظة غروبها الى قسمين متساويين وحينئذ ترصد نجمة بنظارة التيودوليت بعد شروقها ووصولها الى ارتفاع موافق وتعلم النقطة التى تقف عليها معضادة دائرة السموت ثم بعد ان تثبت النظارة على ما هى عليه من مياها على الدائرة الرأسية يدار الجزء العلوى من الآلة فى جهة الحركة اليومية حول المحور الرأسى حتى يتيسر بعد مسافة زمنية كافية رؤية النجمة من جديد فى بورة النظارة وفى هذه اللحظة يكون للنجمة ارتفاع مساو للذى كان لها فى لحظة الرصد الاول ثم يعلم سمت الدائرة الرأسية فى هذا الوضع أيضا فاذا رسم منتصف الزاوية المحصورة بين القراءتين أى منتصف الزاوية التى دارت بها الدائرة الرأسية أوقرى على الحافة القسم الذى يبين منتصف القوس المحصور بين

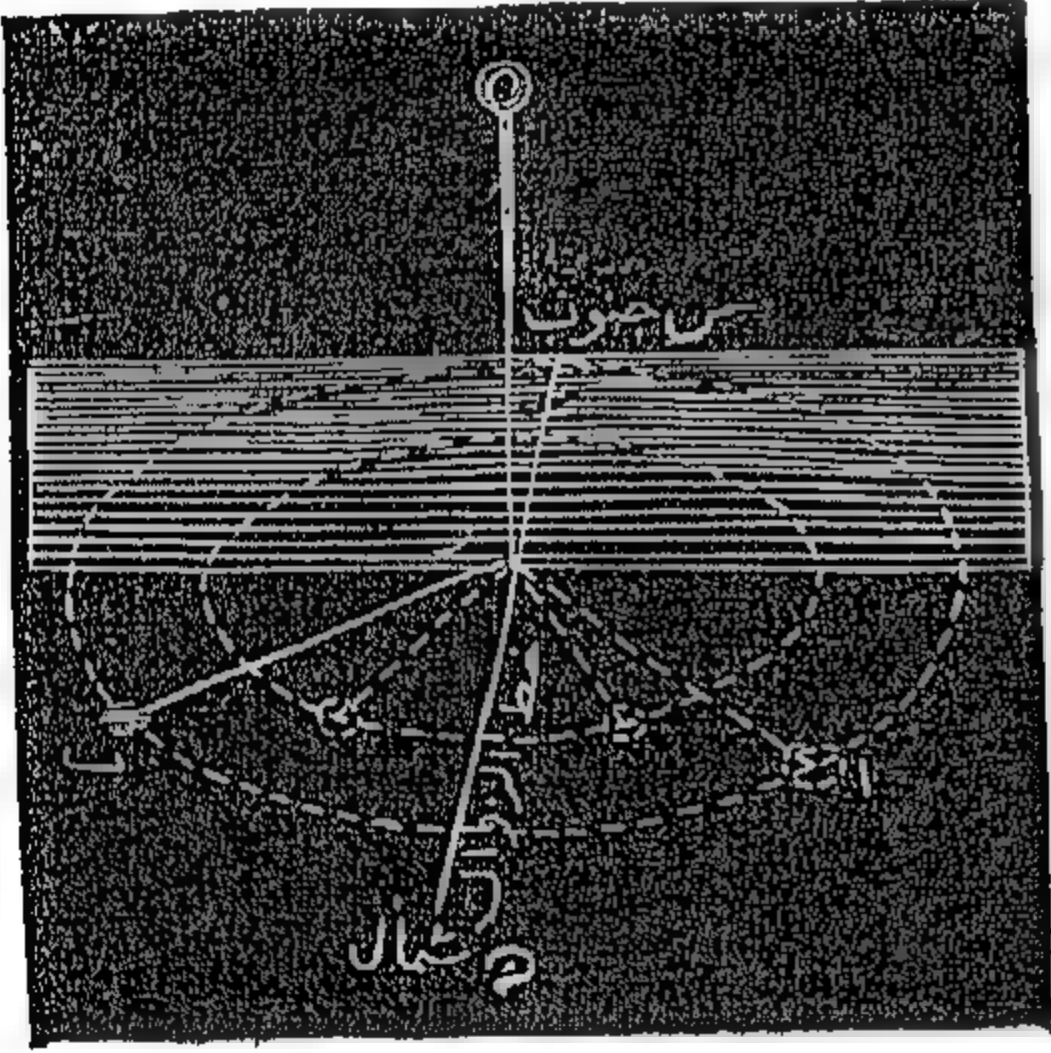


العلامتين وجعلت العضادة على هذا القسم كانت الدائرة الرأسية في مستوى الزوال وتعين وضع خط الزوال بالضبط

١٥ - تعيين مستوى الزوال بطريقة الظلال المتساوية - يمكن التحصل بالتقريب على وضع خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية

وذلك ان الشمس ولو أنها تشترك مع سائر النجوم في الحركة اليومية ولكنها لا ترسم موازياً فيما بين شروقها وغروبها لان بعد مركزها عن القطب يتغير في مسافة يوم كما ستري ذلك فيما سيأتى ولكن في وقتين من السنة (نحو المقلبين) يكون هذا التغير قليلاً بحيث يمكن اهماله وحينئذ فالعملية هي

أن يغرس ساق من الخشب أو من المعدن منته بصفيحة معدنية مثقوبة من وسطها غرساً رأسياً بواسطة خيط الرصاص في مستواً أفقياً يتعين بواسطة ميزان ماء بالاعتناء التام ثم ترسم بجهة محيطات دوائر مركزها موقع الشاخص وانصاف أقطارها مختلفة ثم قبل الظهر بساعة أو ساعتين تعلم نهاية ظل الشاخص وهي أ (شكل ٥) وبمجرد قرب لحظة الظهر ينقص



ش ٥

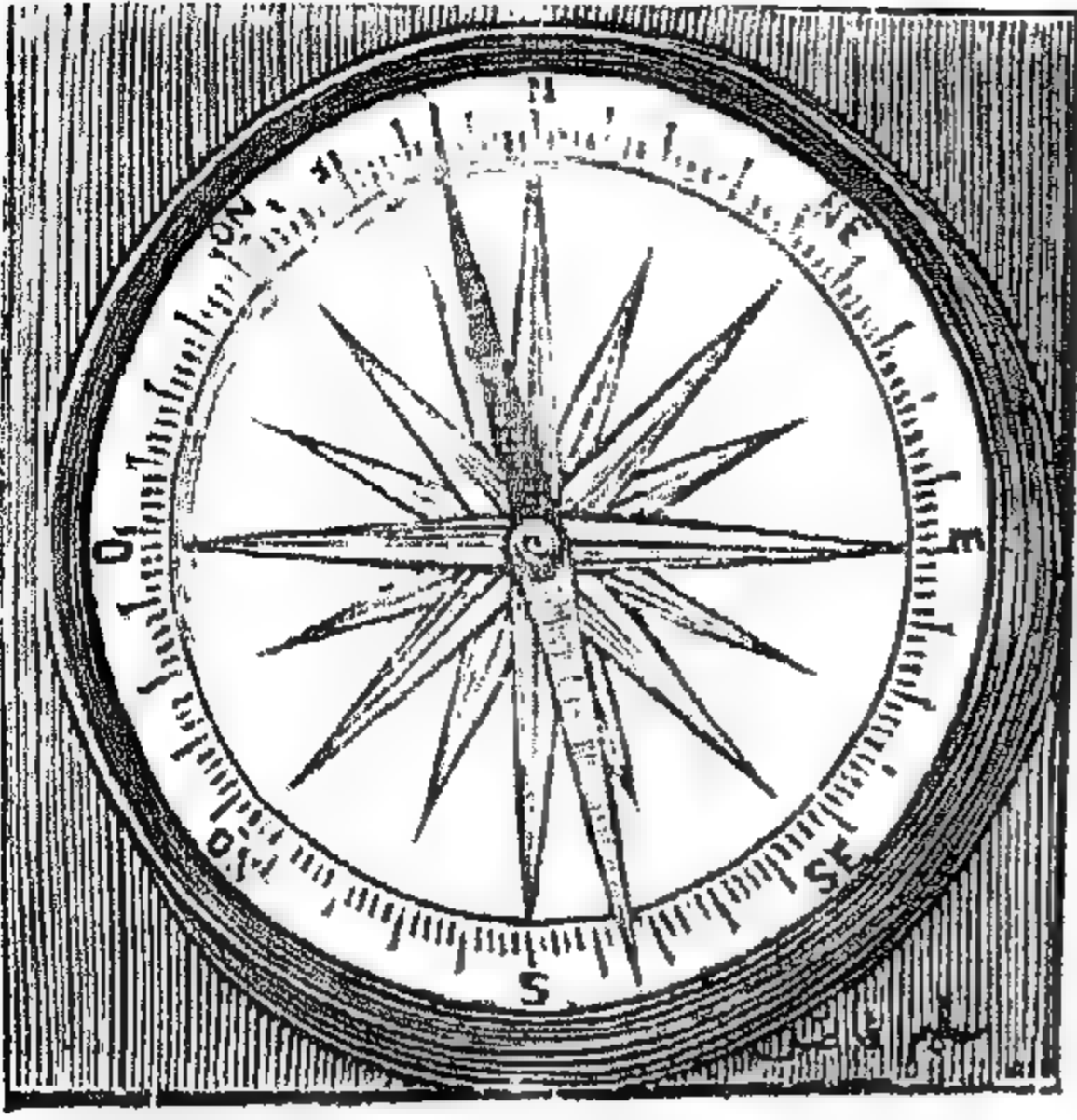
طول الظل ويتغير اتجاهه شيئاً فشيئاً ثم بعد ذلك يأخذ في الازدياد ويمر بجميع المقادير التي كانت له وينتظر الى أن يأخذ الطول الذي كان له في لحظة الرصد الاول وتعلم نقطة ب التي ينتهي اليها الظل وقتئذ فالنقطتان أ و ب توجدان ضرورة على أحد المحيطات التي سبق رسمها أو على واحد مثلها وحينئذ اذا انصفت الزاوية أوب فالمنصف س ه يكون هو خط زوال المحل الجارى فيه الرصد

لانه لا جمل أن تتساوى الظلال يجب ان توجد الشمس ضرورة في اللخطتين الحاصل فيهما الرصد على ارتفاع واحد فوق الافق وبواسطة الدوائر التي سبق رسمها يمكن تحقيق العميلة بقدر ما يراد

١٦ - استعمال البوصلة - ويمكن كذلك تعيين خط الزوال اذا علم الانحراف المغناطيسى للمحل الجارى فيه الرصد أعني الزاوية التي يصنعها هذا الخط مع اتجاه ابرة ممغنطة مرتكزة على حامل تدور في مستواً أفقياً وهذه الطريقة ضرورية لانه غير ممكن في كل الاوقات رصد الشمس والنجوم بسبب الضباب أو السحب



والآلة المستعملة لذلك هي بوصلة الانحراف (شكل ٦) واتجاه الابرة المغطسة ليس هو اتجاه



ش ٦

خط الزوال بالضبط بل ان الزاوية التي يصنعها معه معلومة بالنسبة لكل محل ومنها يستخرج اتجاه خط الزوال وفي مصر توجه الابرة المغطسة بقدر ٥ تقريباً نحو الغرب وحينئذ يجب تدوير الآلة الى أن تصير في هذا الاتجاه فالخط المكتوب عليه شمال جنوب يكون هو اتجاه خط زوال المحل

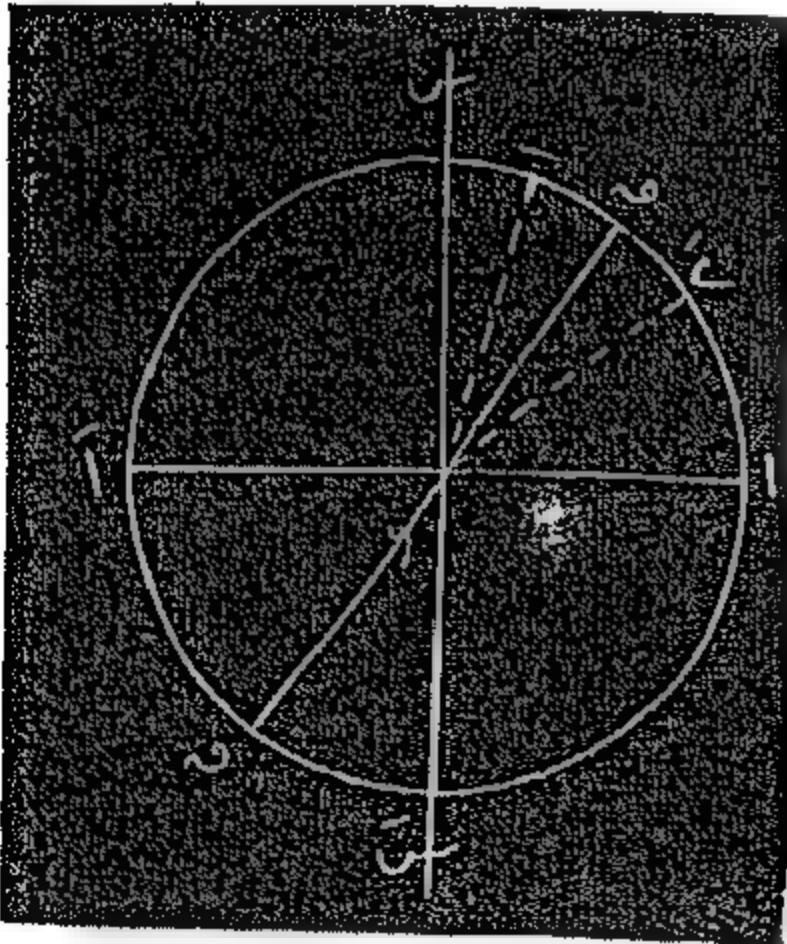
وحيث ان الانحراف يتغير من بلد الى آخر كما يتغير من سنة الى أخرى في المحل الواحد

فالملاحون يستعملون جداول تدلهم على مقدار هذا التغير لجميع البحار التي يسفرون فيها

١٧ - قياس البعد السمتي للقطب - بسبب الحركة اليومية تمر كل نجمة بمستوى الزوال مرتين في مدة يوم نجمي ولكن هذان المروران لا يحصلان معاً فوق الافق الا بالنسبة للنجوم الابدية الظهور وفي هذه الحالة يتميز المرور العلوي الذي يحصل حينما تتوسط النجمة عن المرور السفلي الذي فيه يكون ارتفاعها فوق الافق في نهايته الصغرى وأما النجوم التي لها شروق وغروب فلا يرى لها سوى مرور واحد لحصول المرور الآخر تحت الافق

ومن البديهي ان المرورين العلوي والسفلي لنجمة أبدية الظهور هما على بعد زاوى واحد عن القطب وزصدهذين المرورين يوصل الى قياس ارتفاع القطب فوق الافق أو بعده السمتي بعد تخطيط خط زوال المحل من قبل

ولذا يستعمل التيودوليت بأن تجعل دائرة الرأسية في مستوى الزوال ثم ينظر الى نجمة في لحظة



ش ٧

مرورها العلوى أى حينما تمر بنقطة تقاطع شعرتى النظارة ويعين بعدها السمتي في هذه اللحظة وليكن و (شكل ٧) هو اتجاه النظارة ثم ينظر اليها مرة أخرى في مرورها السفلي الذي يحصل بعد مرورها العلوى بنصف يوم نجمي وليكن و هو اتجاه النظارة في الوضع الثانى ويعين بعدها السمتي في هذه اللحظة أيضاً وحينئذ يعلم البعدان السمتيان و و و و أو متماهما و و و و اللذان هما الارتفاعان

ويتحصل بداهة

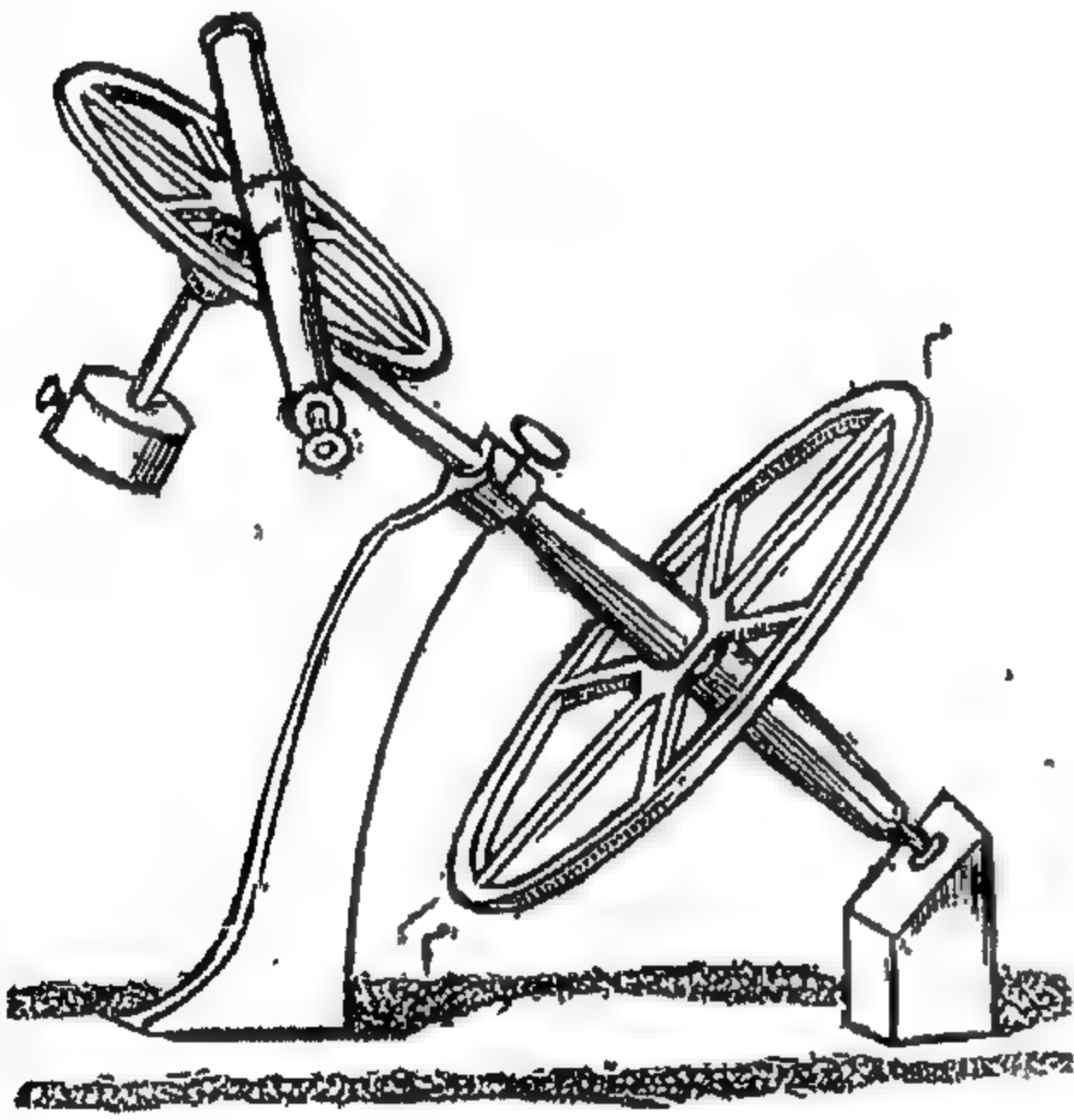
$$١ = ١ - ١ = ٠ \text{ و } ١ = ١ + ١ = ٢$$

وحيث ان  $١ = ٠$  يحدث

$$١ = \frac{١}{١} (١ + ١)$$

أعني يتحصل على ارتفاع القطب بأخذ متوسط ارتفاعي نجمة واحدة عند مرورها بالعلوى والسفلى بمستوى الزوال وسترى فيما سيأتى ان ارتفاع القطب في محل معلوم يساوى بالضبط للعرض الجغرافى لهذا المحل وهذا الارتفاع في المحرسة يساوى  $٣٠^\circ$

١٨ - تحقيق الحركة اليومية بواسطة الآلة الاعتدالية - قد شوهد فيما تقدم امكان تحقيق قوانين الحركة اليومية بواسطة التيودوليت ويسهل اجراء هذا التحقيق أيضا باستعمال الآلة الاعتدالية وهى عبارة عن تيودوليت قد أميل محوره الرأسى فى مستوى الزوال الى أن صار منطبقا على محور العالم (شكل ٨) ومتى تثبت فى هذا الوضع فان الدائرة التى كانت أفقية تأخذ الوضع م م



ش ٨

المائل على الافق وتكون حينئذ منطبقة على مستوى دائرة المعدل وحيث ان الدائرة العليا تدور حول محور العالم فيمكن دائما جعل مستويها مشعلا على نجمة حيثما اتفق وبتحريك النظارة المثبتة فيها حول المركز يمكن توجيهها بحيث يمر محورها البصرى بالنجمة فاذا ربطت بعد ذلك برمة الضغط التى تربط النظارة بحافة الدائرة واديرت الدائرة المذكورة حول

محور الآلة فانه يرى أنه يمكن تتبع النجمة فى جميع مدة حركتها اليومية فوق الافق وهذا مما يثبت أن خط سيرها قوس من دائرة بمان الخط الذى رسمه محور النظارة على الكرة السماوية هو كذلك قوس دائرة

فاذا نقلت الى الآلة حركة ساعة مضبوطة فيكون لها حركة دورانية منتظمة مدتها يوم نجمى بالضبط وبهذا التركيب يمكن تتبع نجمة بدون ان تخرج عن النظارة وينتج من ذلك ان الحركة اليومية لجميع النجوم منتظمة

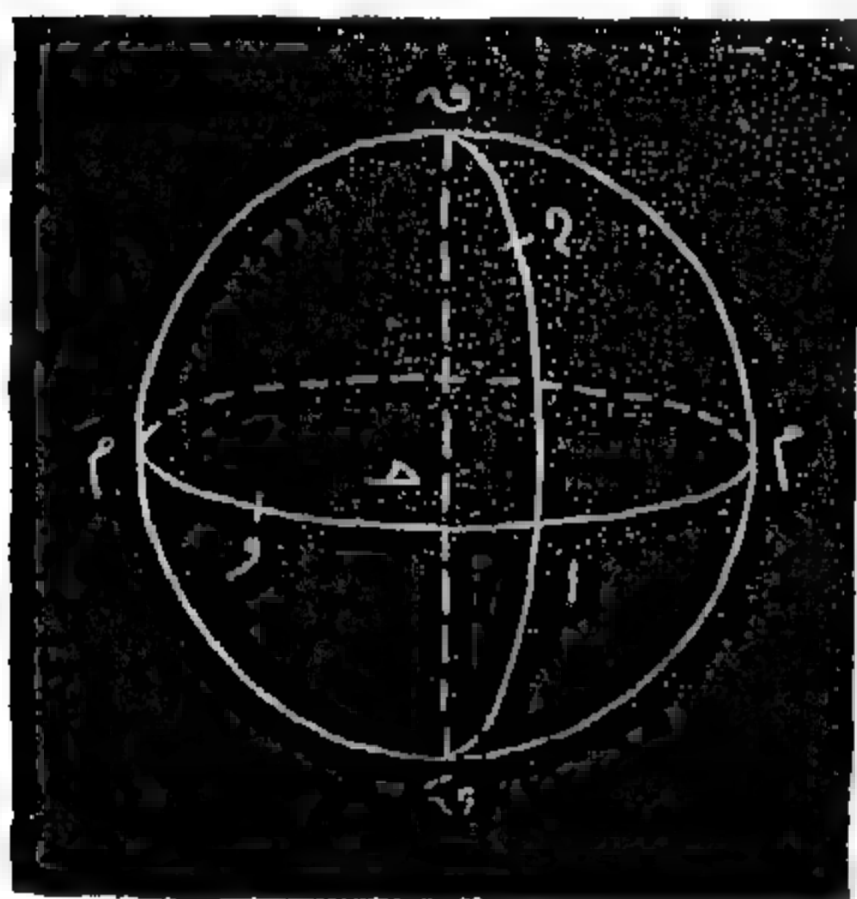


## الفصل الثالث

المطالع المستقيمة والميل لنجمة - النظارة الزوالية - الدائرة الحائطية

١٩ - المطلع المستقيم والميل - قد رأينا فيما تقدم كيفية تعيين وضع نجمة على الكرة السماوية بقياس بعدها السمتي وزاويتها السمتية بواسطة التيودوليت ولكن هذين الاحداثيين متعلقان برأسي وافق المحل اللذين يتغيران من محل الى آخر وبالحظة الرصد فهما بناء على ذلك يتغيران بتغير المحل الحاصل فيه الرصد ودقة الرصد ولذا صار تعويض ما باحداثيين آخرين بيقينان غير متغيرين مدة مديدة من الزمن وهذان الاحداثيان متعلقان بمستوى وخط اتجاهيهما غير متغيرين وبقينان بعينهما هما ما كان وقت الرصد ومحله أما المستوى فهو مستوى دائرة المعدل وأما الخط الثابت فهو محور العالم العمودي عليه

وليكن  $\gamma$  (شكل ٩) مركز الكرة السماوية و  $\psi$  و  $\phi$  خط القطبين و  $m$  دائرة المعدل و  $n$  نجمة حيثما اتفق فوضع هذه النجمة يتعين تعييننا ما اذا علم



أولاً - المستوى الذي يشتمل عليه أو غير محور العالم  
أو الزاوية التي يصنعها هذا المستوى مع دائرة عظيمة تمر  
بحور العالم وتأخذ مبدأ وهذه الزاوية التي تعد من ٠ إلى  
٣٦٠ أو القوس ١ الذي يقدرها هو المطلع المستقيم  
للنجمه ٥

ثانياً - البعد الزاوي للنجمة عن دائرة المعدل ويقدر هذا البعد بقوس الدائرة العظيمة  $90^\circ$  وهذا هو ميل النجمة  $\delta$  وتعد الميول من  $0^\circ$  الى  $90^\circ$  وتكون موجبة في نصف الكرة الشمالي وسالبة في نصف الكرة الجنوبي وعوضاً عن الميل يمكن قياس بعد النجمة عن القطب الشمالي أعني البعد  $\mu$  المسمى بالبعد القطبي ويعتمد من  $0^\circ$  الى  $180^\circ$

٣. - دوائر الميل - الزوايا الساعية - الدوائر التي مثل  $Q$  أو  $Q'$  تسمى تارة دوائر ساعية وتارة دوائر ميل أما سبب التسمية الأولى فهو أن الدائرة  $Q$  أو  $Q'$  بسبب الحركة اليومية تدور حول محور العالم بسرعة منتظمة وترسم دورة كاملة تحوله في ٢٤ ساعة لجمية فإذا حسب الزمن بالابتداء من مبدأ اختياري وليكن اللحظة التي مرت فيها بالنجمة والدائرة

بمستوى الزوال مثلاً بواسطة بندول منظم على الزمن النجمي وعينت الزاوية المرسومة بالدائرة في لحظة حيثما اتفق فإن مقدارها يعطى الزمن الذى مضى من ابتداء مرور النجمة بمستوى الزوال لغاية اللحظة المذكورة باعتبار أن كل ساعة زمنية بخمس عشرة درجة قوسية وكل دقيقة بخمس عشرة دقيقة وكل ثانية بخمس عشرة ثانية وأما سبب التسمية الثانية فواضح لا يحتاج الى بيان

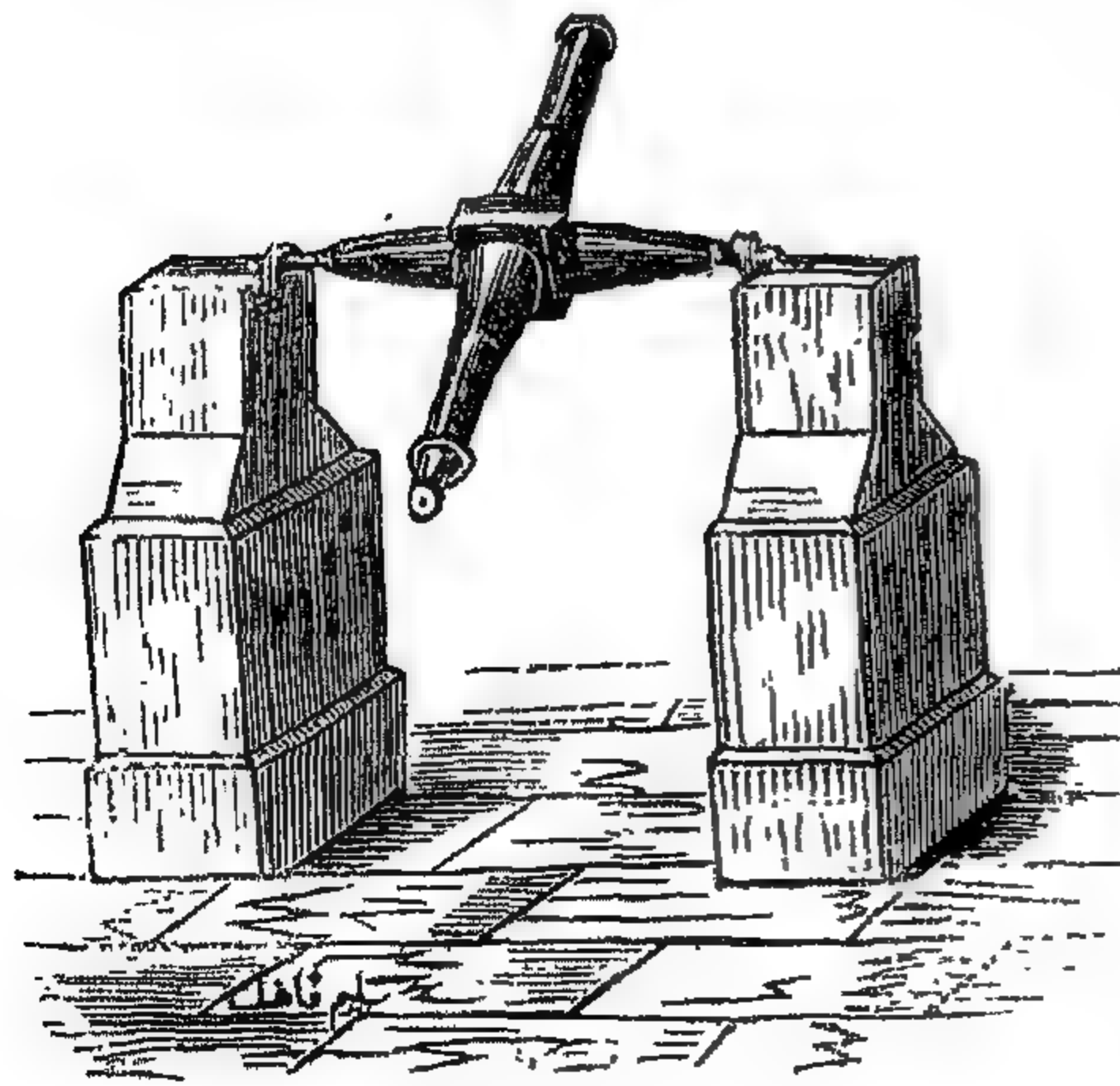
وحينئذ فزاوية الدائرة الساعية التى تصنعها مع مستوى الزوال أو الزاوية الساعية لنجمة تزداد بالانتظام من  $0^\circ$  الى  $360^\circ$  ويمكن اتخاذها قياساً للزمن النجمي

٢١ - أصل المطالع المستقيمة أو مبدأها - نقطة الاعتدال الربيعي - قد اتفق على جعل مبدأ اليوم النجمي لحظة المرور العلوى لنقطة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وتسمى هذه النقطة نقطة الاعتدال الربيعي وهذه النقطة أو دائرة الميل المارة هي التى اتخذ كذلك مبدأ للمطالع المستقيمة

إذا تقر هذا وأخذ بندول نجمي مضبوط وكان مبيناً بـ  $\theta$   $\delta$   $\gamma$  في لحظة مرور نقطة الاعتدال الربيعي بمستوى الزوال يكفي للحصول على المطالع المستقيم لنجمة رصد لحظة مرورها العلوى بمستوى الزوال ومعرفة لحظة هذا المرور بالضبط فالزمن الذى يبينه البندول في هذه اللحظة محولاً الى درج و دقائق وثوان يعطى المطالع المستقيم المبحوث عنه

مثلاً إذا كانت الساعة  $٦٢$  ر  $٢٣$  و  $٣٣$  و  $١٨$  في لحظة مرور النجمة المسماة الواقع وهى ١ من النسر الواقع بمستوى الزوال فإن مطلعها المستقيم يكون  $٣١,٣$   $١٥$   $٢٧٨$

٢٢ - النظارة الزوالية - حساب المطالع المستقيمة - تعيين المطالع المستقيمة يستلزم



زيادة على البندول النجمي آلة أخرى خاصة برصد مرور الكواكب بمستوى الزوال تسمى النظارة الزوالية وهى عبارة عن نظارة فلكية (شكل ١٠) محمولة بين كتفين قويين من البناء بواسطة محور افقى طرفاه اللذان على شكل اصبعين موضوعان في سكرجتين اسطوانيتين مثبتتين في الكتفين والمحور البصرى للنظارة عمودى على محور



دورانها الذي هو المحور الأفقي وهذا المحور الأخير عمودي على مستوى زوال المحل وينتج من ذلك أن المحور البصري يرسم مستويًا رأسيًا ينطبق ضرورة على مستوى الزوال المذكور بمعنى أنه متى دارت النظارة دورة كاملة فالمستوى الرأسى الذى يرسمه محورها البصرى يكون هو مستوى الزوال

ولابد من ثلاثة شروط لكي تبقى النظارة الزوالية بالغرض المقصود منها وهى

أولاً - يجب أن يكون محورها البصرى عمودياً بالضبط على محور دورانها ولتحقيق استيفاء هذا الشرط ينظر بالنظارة إلى تقاسيم مسطرة توضع أفقية على بعد منها ويعلم القسم الذى تنطبق عليه نقطة تقاطع شعرات حامل الشعر الذى فى النظارة ثم يرفع المحور من السكرجتين وتدار الآلة إلى أن يصير أحد الصباعين فى السكرجة التى كان يشغلها الصباع الآخر وبالعكس فإذا انطبقت نقطة تقاطع الشعرات على القسم الذى انطبقت عليه فى الحالة الأولى بعينه كان الشرط مستوفى والافيعلم القسم الجديد الذى انطبقت عليه وفى منتصف المسافة الواقعة بين القسمين المعلمين يوجد الوضع العمودى للمحور البصرى ويوجه المحور البصرى المذكور نحو نقطة منتصف المسافة المذكورة بتحريك حامل الشعر فى مستويته تحريكاً عرضياً بواسطة برمته

ثانياً - أن يكون محور الدوران أفقياً بالضبط ويتحقق هذا الشرط بوضع ميزان ماء على المحور ورفع أو خفض أحد طرفيه بواسطة تدوير البريمة التى تجعل إحدى السكرجتين تتحرك فى الأفق الرأسى حتى تصير فقيعته فى الوسط

ثالثاً - أن يكون المستوى الرأسى الذى يرسمه المحور البصرى للنظارة منطبقاً على مستوى الزوال . ولتحقيق هذا الشرط يقال حيث أن محور الدوران أفقى والمحور البصرى للنظارة عمودى عليه فيكون المستوى الذى يرسمه المحور البصرى رأسيًا ولتحقق من انطباقه على مستوى الزوال يرصد بواسطة جدول نجمى الزمن الذى يمضى بين المرور العلوى والمرور السفلى لنجمة أبدية الظهور بالمستوى الرأسى المرسوم بالمحور البصرى للنظارة فإذا كان هذا الزمن مساوياً لـ نصف يوم نجمى يكون المستوى المذكور منطبقاً على مستوى الزوال وإذا كان أكبر أو أصغر من نصف يوم نجمى فلا يكون منطبقاً عليه ولحصول هذا الانطباق يحرك أحد الصباعين أفقياً إلى أن يحقق الرصد الشرط المذكور

٣٣ - النجوم الأساسية - يوجد عند الفلكيين جدول لجله من النجوم الشهيرة التى يسجل رصدها بالنظارات ليلاً ونهاراً وقد عيّنوا مطالعها المستقيمة بضبط كلى ويستعمل

رصد الممرات العلوية والسفلية لهذه النجوم التي تسمى النجوم الأساسية بمستوى الزوال  
لأجل تنظيم البندول النجمي ويمكن أن يكون عوضاً عن رصد نقطة الاعتدال الربيعي التي  
لا تنطبق بالضرورة عليها نجمة ما . مثلاً المطلع المستقيم للنجمة المسماة قلب الأسد مقداره  
بالزمن هو ٨ ر ١٤ ث و ٢ د و ١٠ س فإذا كان البندول منتظماً جيداً يجب حينئذ أن يبين هذا  
المقدار بالضبط فإذا بين في هذه اللحظة ١٧ ر ٥ ث و ٢ د و ١٠ س فإنه يكون مقدماً بقدر  
٧ ر ٣ ث ويحتسب هذا التقديم في الأرصاد التالية

وبمعرفة زمن المرور العلوي لنجمة أساسية بمستوى الزوال ثم زمن المرور العلوي لنجمة حيثما  
اتفق ففرق الزمنين مطروحاً طر حاجباً من المطلع المستقيم المعلوم للنجمة الأولى يحدث المطلع  
المستقيم للنجمة الثانية وليس الأمر محتاجاً لأن يكون البندول منتظماً على نقطة الاعتدال  
الربيعي بل يكفي أن يدق ثواني نجمية

ومن رصد نجمة أساسية يمكن معرفة تقديم أو تأخير البندول وطرح أو ضم العدد المتحصل  
بهذه الكيفية إلى زمن مرور النجمة المراد معرفة مطلعها المستقيم وهالاً مثلاً لذلك

يوجد في الجداول أن المطلع المستقيم للنجمة الأساسية المسماة الطائر (من النسر) هو  
٢٩ ر ١٠ ث و ٤٥ د و ١٩ س والبندول النجمي يبين وقت مرورها بمستوى الزوال  
٥٢ ر ٥ ث و ٤٤ د و ١٩ س فيكون في البندول تأخير قدره ١٧ ر ٧٩ ث

والنجمة هـ مثلاً التي يراد معرفة مطلعها المستقيم بمسئوى الزوال والنساعة  
٤ ر ٢٧ ث و ٢٣ د و ٢٠ س فالزمن الحقيقي لمرورها أعني مطلعها المستقيم مبيناً بزمن (ثم بقوس)  
يكون حينئذ

$$\text{مط * هـ} = ٢٧ ر ٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س + ١٧ ر ٧٩ ث = ٤٥ ر ١٩ ث و ٢٣ د و ٢٠ س$$

$$= ١٧ ر ٨٥ ث و ٥٦ د و ٣٠ س$$

ويمكن كذلك إجراء الحساب بالطريقة الأولى هكذا

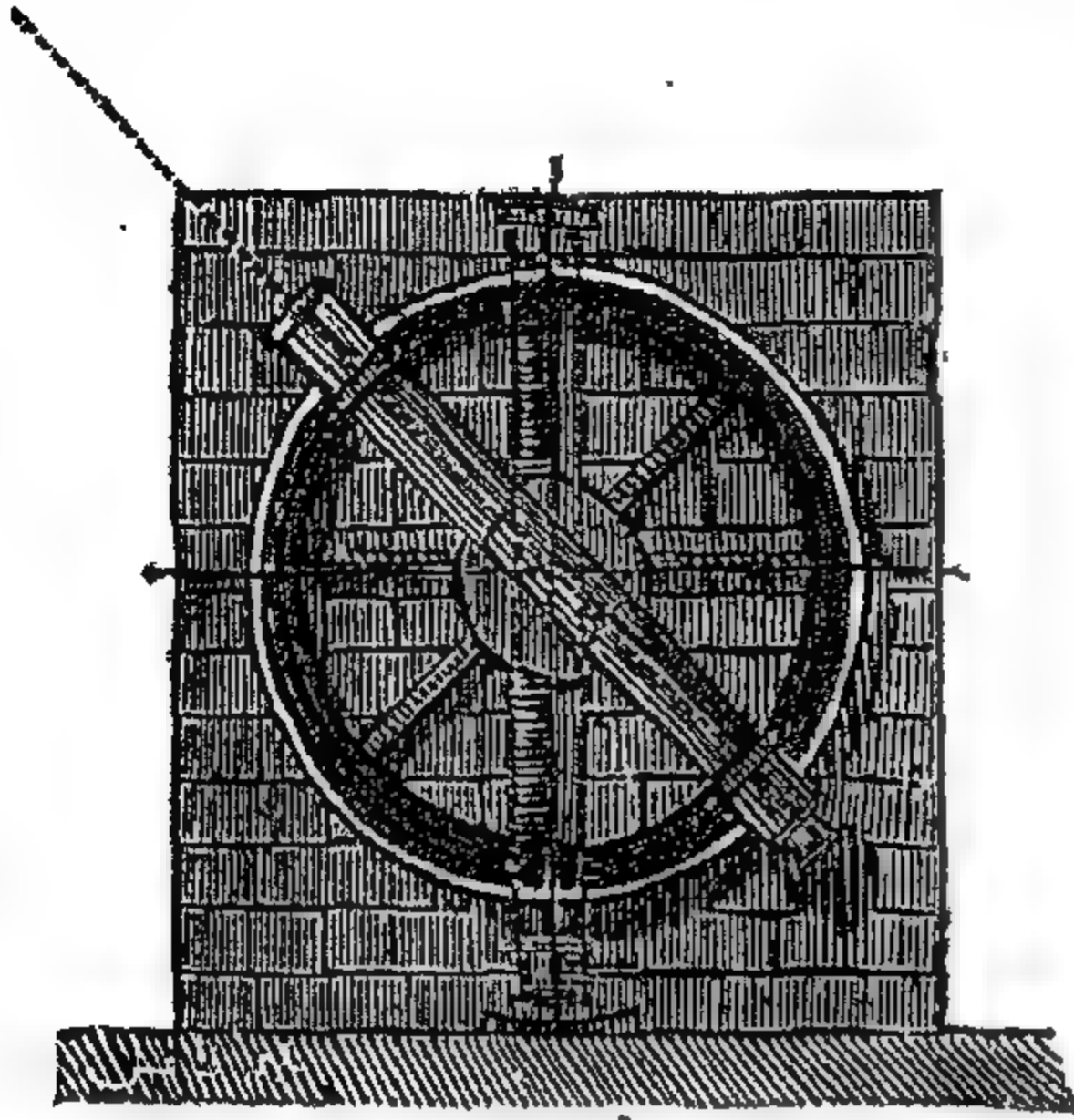
$$\text{مط * هـ} = ٢٩ ر ١٠ ث و ٤٥ د و ١٩ س + ٢٧ ر ٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س$$

$$= ٥٢ ر ٥ ث و ٤٤ د و ١٩ س = ٤٥ ر ١٩ ث و ٢٣ د و ٢٠ س$$

٣٤ - الدائرة الجائضية - قياس الميول - حيث علمت طريقة تعيين المطلع المستقيم  
لنجمة لم يبق إلا معرفة كيفية تعيين الاحداثى الثانى وهو ميلها فتستعمل لهذا الغرض الآلة  
المسماة بالدائرة الجائضية وهى دائرة مدرجة (شكل ١١) مستوية مانطبقة على مستوى



الزوال مثبتة في حائط رأسي وجهتها في مستوى الزوال المذكور تحمل هذه الدائرة نظارة  
تتحرك حول محور أفقي مار بمرکزها وعمودي على مستويها وعلى ذلك ترسم النظارة بحركتها  
مستوى الزوال

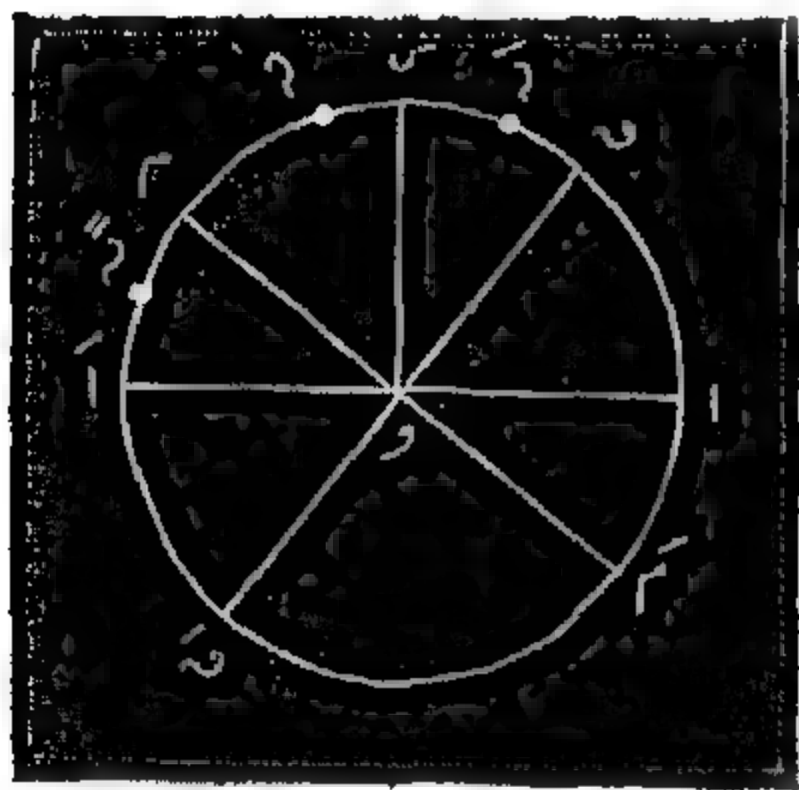


ش ١١

ويتعين ميل نجمة بهذه الآلة بالكيفية  
الآتية وهي أن ترصد النجمة في لحظة  
مرورها العلوي بمستوى الزوال ويقرأ على  
تقاسيم الدائرة بعدها الزاوي عن الصفر  
المطابق لسمت الرأس أو أعلى نقطة من  
حافة الدائرة وبذا يتحصل على البعد السمتي  
للنجمة وبطرح هذا البعد (طرح جبريا)  
من البعد السمتي للقطب الذي نقرضه معلوما

يتحصل على البعد القطبي للنجمة ومتم هذا البعد يكون هو الميل المطلوب

وليكن اسم  $\alpha$  مستوى الدائرة الحائطية و  $\psi$  محور العالم (شكل ١٢) و  $\mu$  دائرة المعدل و  $\omega$  الرأس فيكون  $\psi$  هو البعد



ش ١٢

السمتي للقطب ويكون البعد القطبي للنجمة  $\omega$  هو  
 $\psi - \omega = \mu$

وميلها يكون هو

$$\mu - 90^\circ = \psi$$

هذا اذا كانت النجمة  $\omega$  في شمال السميت واذا كانت

في جنوبه مثل  $\omega$  يحصل

$$\psi = \omega + \mu \quad \text{و} \quad \mu - 90^\circ = \psi$$

وفي هاتين الحالتين توجد النجمة في نصف الكرة الشمالي فاذا كانت في نصف الكرة الجنوبي  
أي في  $\omega$  مثلاً يحصل

$$\psi = \omega + \mu \quad \text{و} \quad \mu - 90^\circ = \psi$$

والدائرة الحائطية هي نظارة زوايا تثبت فيها حافة مقسمة مستويها غير المتغير هو مستوى الزوال  
وتقاسيم هذه الدائرة جارية من  $0^\circ$  الى  $180^\circ$  بالابتداء من أعلى نقطة التي يجب ان تطابق  
للوضع الرأسي للمحور البصري للنظارة ويتحقق هذا الشرط الاساسي برصد النظر من وقت

الى وقت بأن يوضع أسفل الآلة اناء مملوء بالماء فيكون سطحه الساكن افقيا ومستويا بالضبط  
وحيثئذا وضعت النظارة في وضع رأسي وكانت الشبكية جهة أسفل ونظر الى السطح  
العاكس لهذه المراية التي من سائل (الزئبق) فإنه يمكن رؤية صورة شعرات حامل الشعر  
الذي يعتنى بتنويره بالقاء ضوء مصباح على الشعرات فتى كانت نقطة تقاطع الشعرات منطبقة  
تمام الانطباق على صورتها الخاصة يكون المحور البصرى للنظارة رأسي وفي هذه الحالة يكون  
متجهانحو النظر وبقراءة القسم المطابق لهذا الوضع للنظارة وطرح ١٨٠ منه يتحصل على  
القسم المطابق للسمت أو يتحصل على صفر التقاسيم

## الفصل الرابع

وصف السماء - الصور السماوية - النجوم المشهورة

٢٥ - الاحصائيات - الكرات والخرط السماوية - الفلكيون بمعرفة طرق  
التي بها تعين الاوضاع المضبوطة للنجوم على الكرة السماوية أمكنهم أن ينشؤا احصائيات  
في النجوم مرتبة على حسب كبر مطالعها المستقيمة وامام كل نجمة مطالعها المستقيم وميلها  
واستعملوا هذه الاحصائيات لوضع النجوم بأوضاعها النسبية على كرة صناعية وذلك بان يرسم  
على سطح هذه الكرة الصناعية دائرة عظيمة من نقطة ما مثل  $\gamma$  نعتبرها القطب الشمالى  
مثلا وتكون هذه الدائرة العظيمة هي دائرة المعدل ثم ترسم جملة دوائر أخرى موازية لها  
وتكون هي الموازيات التي ترسمها النجوم بحركة اليومية ثم ترسم جملة دوائر عظيمة تدل  
على دوائر الميل ثم تعلم على سطح هذه الكرة بجملة نقط تعين كل واحدة منها بالمطلع المستقيم  
والميل لنجمة مطابقة ويتحصل حينئذ على كرة سماوية كالكرات الصناعية المهيئة لسطح  
الارض

وكذلك تنشأ خرط سماوية بطرق المساقط التي سنتكلم عليها في بند (٢٤٩) وما يليه

٢٦ - الصور السماوية - النجوم الاصلية - لاجل مساعدة الذاكرة في دراسة  
النجوم قسموها من القدم الى مجموعات متميزة تسمى الصور السماوية وهي صور كائنات حية  
وغير حية تصور وارسمها على الكرة السماوية وليس كل هذه الصور مشابهة لمسمياتها بل  
البعض فقط وذلك كالنجوم الاصلية من صورة الثور فان لها اوضاعا مثلثيا يشابه نوعا للجزء العظمى  
من رأس هذا الحيوان وكذا العقرب والاكليل والحية والتنين



ولبيان نجوم كل صورة تستعمل الحروف الهجائية فالحروف ا و ب و ح و د تدل على أربعة نجوم أصلية من كل صورة بحيث انه بالمرور من صورة الى أخرى تكون هذه الحروف مبينة لنجوم تختلف عن بعضها في الضوء

٣٧ - عدد الصور - قد عدد (بطليموس) ٤٨ صورة منها ٢١ في الشمال و ١٥ في الجنوب و ١٢ في الجزء المتوسط بالقرب من دائرة المعدل في المنطقة التي يظهر ان الشمس تقطعها في سيرها السنوي ويشتمل مجموع هذه الثمان والاربعين صورة على ١٠٢٩ نجمة منها ٣٦١ للصور الشمالية و ٣١٨ للصور الجنوبية و ٣٥٠ للصور المنطقية

والاثنا عشرة صورة المنطقية اعتبرت المنازل المتتالية للشمس في مدة سنة واسماؤها هي  
حمل . ثور . جوزاء . سرطان . أسد . سنبله . ميزان . عقرب . قوس اورامى  
جدى . دلو . حوت . وهى مجموعة في قول بعضهم

حمل الثور جوزة السرطان \* ورعى الليث سنبل الميزان

ورعى عقرب بقوس لجدى \* نزع الدلو بركة الحيتان

والاحدى والعشرون صورة الشمالية هي . الدب الاصغر أو بنات نعش الصغرى . الدب الاكبر أو بنات نعش الكبرى . الثنين أو الثعبان . الملهب . العوا . الاكليل الشمالى  
هر كول أو الجاني على ركبتيه . النسر الواقع أو السلخفاة . الدجاجة . ذات الكرسي . برشاوش  
ماسك العنان . الحواء . الحية . السهم . النسر الطائر . الدلفين . الفرس الاعظم  
الفرس الاصغر . المرأة المسلسلة . المثلث الشمالى أو الداتا

والخمس عشرة صورة الجنوبية هي . قيطس . الجبار . نهر الاردن . الارنب  
الكلب الاصغر . الكلب الاكبر . السفينة . الشجاع . الكاس أو الباطية  
الغراب . المحراب أو المجرة . سنطورس . الذئب . الاكليل الجنوبي . الحوت الجنوبي

٣٨ - والنجوم التي تتكون منها الصور المعروفة عند الاقدمين تنقسم الى اقدار فاضواها  
تسمى من القدر الاول ثم ما يليها في الضوء يسمى من القدر الثانى وهكذا والقدر السادس  
يشتمل على النجوم التي هي آخر ما يمكن رؤيته بالعين وهذا الترتيب اعتبارى لان آخر نجمة من  
القدر الثالث مثلاً يمكن أن تكون هي أول نجوم القدر الرابع ولذا يوجد اختلاف بين  
الفلكيين في هذا الاعتبار

ولكن المتأخرين حافظوا على هذا التقسيم وعلى رأى موسيو (ارچيلاندر) يحتوى نصف

الكرة الشمالى على ٩ نجوم من القدر الاول و ٣٤ من القدر الثانى و ٩٦ من الثالث و ٢١٤ من الرابع و ٥٥٠ من الخامس و ١٤٣٩ من السادس والمجموع هو ٢٣٤٢ وأما نصف الكرة الجنوبي فيحتوى على ٤٦٨٤ نجمة منها ١٨ من القدر الاول و ٦٨ من الثانى و ١٩٢ من الثالث و ٤٢٨ من الرابع و ١١٠٠ من الخامس و ٢٨٧٨ من السادس وأشهر الخريط لا تعطى اليوم سوى ٢٠ نجمة من القدر الاول وهى مرتبة على حسب ضوئها

أسماء	أسماء	أسماء
١٥ الطائر	٨ الشعري الشامية	١ الشعري اليمانية
١٦ السماء الاعزل (نير السنبلة)	٩ كتف الجبار	٢ سهيل اليمن
١٧ قم الحوت	١٠ آخر النهر	٣ أ من سنطورس
١٨ ب من الدجاجة	١١ الدبران	٤ السماء الراح
١٩ رأس التوأم المؤخر	١٢ ب من سنطورس	٥ رجل الجبار
٢٠ قلب الاسد	١٣ أ من الدجاجة	٦ العيوق
	١٤ قلب العقرب	٧ الواقع

٢٩ - عدد النجوم المنظورة - يظهر ان عدد النجوم التي ترى بالعين عظيم جدا ولقد حصر الموسيو (ازجياندر) ٣٢٥٦ نجمة ترى بالعين وتمتد على القبة السماوية بين القطب الشمالى و ٣٦ من الميل الجنوبى وهذه المنطقة تشتمل تقريبا على  $\frac{1}{10}$  السطح الكلى للكرة وبهذه النسبة يكون للعشرين الاخر ٨٤٤ نجمة ويكون العدد الكلى للنجوم التي ترى بالعين ٤١٠٠ نجمة

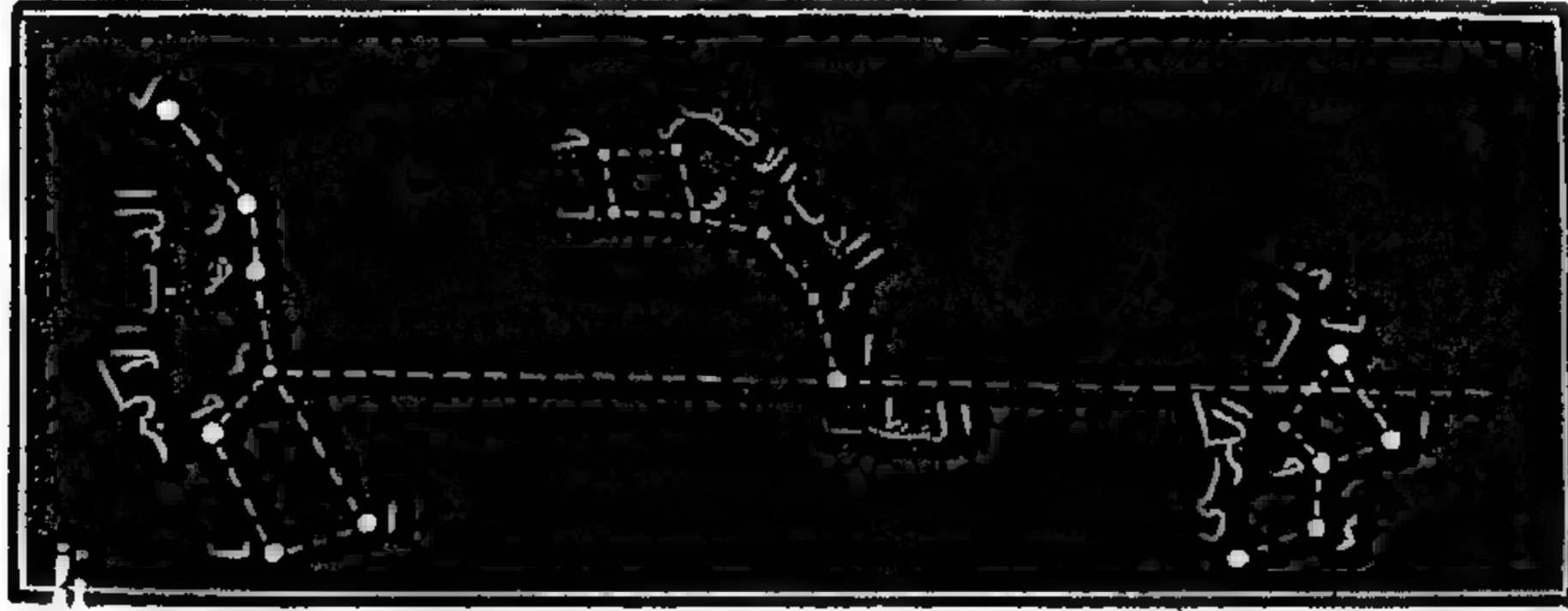
وبعض الراصدين ذوى البصر الحاد أمكنهم رؤية بعض نجوم من القدر السابع حتى وان العدد السابق وصل الى ٦٠٠٠ نجمة تقريبا وأزيد من ذلك

واذا استعملت النظارات يزيد هذا العدد كثيرا ويصل الى ٢٠٤٠٠٠٠ نجمة تقريبا فى جميع السماء من ابتداء القدر الاول لغاية القدر الخامس عشر

٣٠ - وصف السماء - أسهل طريقة لمعرفة الصور السماوية هى مقارنة السماء بالخريط السماوية المنشأة على حسب القواعد التي ستأتى فى بند (٢٤٩) واذا لم توجد خريط واريد ذلك فميساعدة بعض نقط تعتبر مبدءا يمكن ايجاد المجموعات النجمية الاصلية وفى قطرتنا نجعل المبدء صورة الدب الاكبر



الدب الأكبر (شكل ١٣) - اذا وجه الانسان نظره جهة الشمال فانه يرى صورة الدب الاكبر وتحتوى على سبع نجوم أصلية وجميعها من القدر الثاني ما عدا النجمة د فهى من القدر الثالث والنجوم هـ و و و و تكون ذنب الدب الاكبر



ش ١٣

النجمة القطبية - اذا مد الخط ب أ من جهة أ يبعد يساوى أ ب فانه يمر بالقرب من نجمة من القدر الثاني أو الثالث وهى النجمة القطبية التى تستعمل فى إيجاد جميع الصور المهمة المنظورة فى سماء مصر وهذه النجمة لا تبعد عن القطب الا بقدر درجة ونصف وبواسطة النجمة القطبية يسهل معرفة الاربع نقط الأصلية فانه بالنظر اليها يكون الشمال امام الناظر والجنوب خلفه والشرق عن يمينه والغرب عن يساره

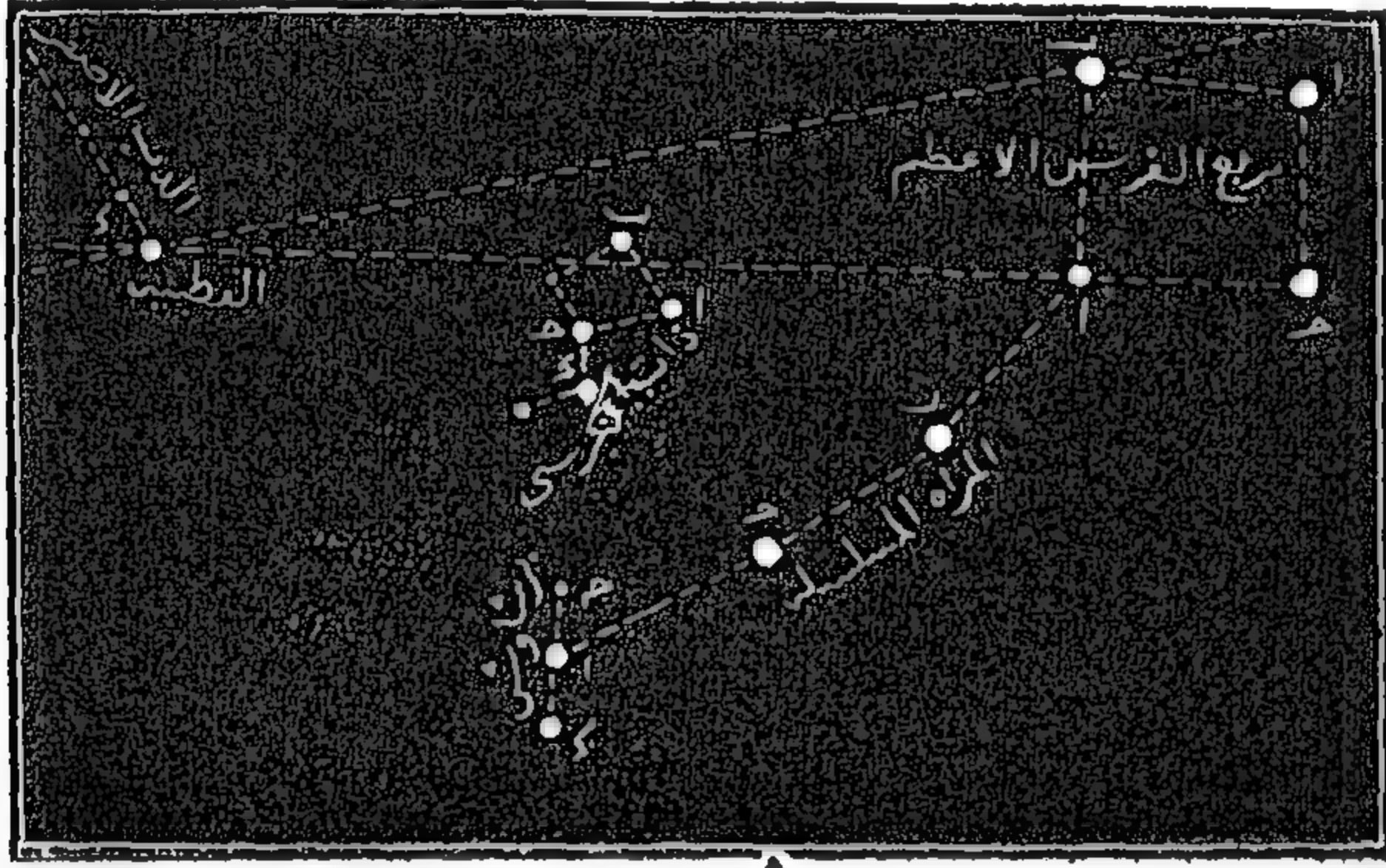
والنجمة القطبية هى ثالث نجمة من ذنب صورة مشابهة للدب الاكبر الا انها أصغر منها وموضوعة بعكسها وتسمى الدب الاصغر

ذات الكرسي - اذا وصل بين نقطة د من الدب الاكبر والنجمة القطبية بمستقيم ومد من جهة النجمة القطبية بكمية تساويه توجد ذات الكرسي وهى تشتمل على جملة نجوم من القدر الثالث وهذه الصورة هى فى مقابلة الدب الاكبر دائماً بالنسبة للنجمة القطبية

الفرس الاعظم - المرأة المسلسلة - (شكل ١٤) - اذا مد الخط الذى عين النجمة القطبية من جهتها فانه يقابل صورة الفرس الاعظم وبإضافة النجمة أ من المرأة المسلسلة اليه يتكون ما يسمى مربع الفرس الاعظم وزوايا هذا المربع تشغلها نجوم من القدر الاول فاذا وصل بين أ من الفرس الاعظم و أ من المرأة المسلسلة توجد النجمتان ب و ح من المرأة المسلسلة اللتان تأخذان فى الاقتراب من النجمة القطبية

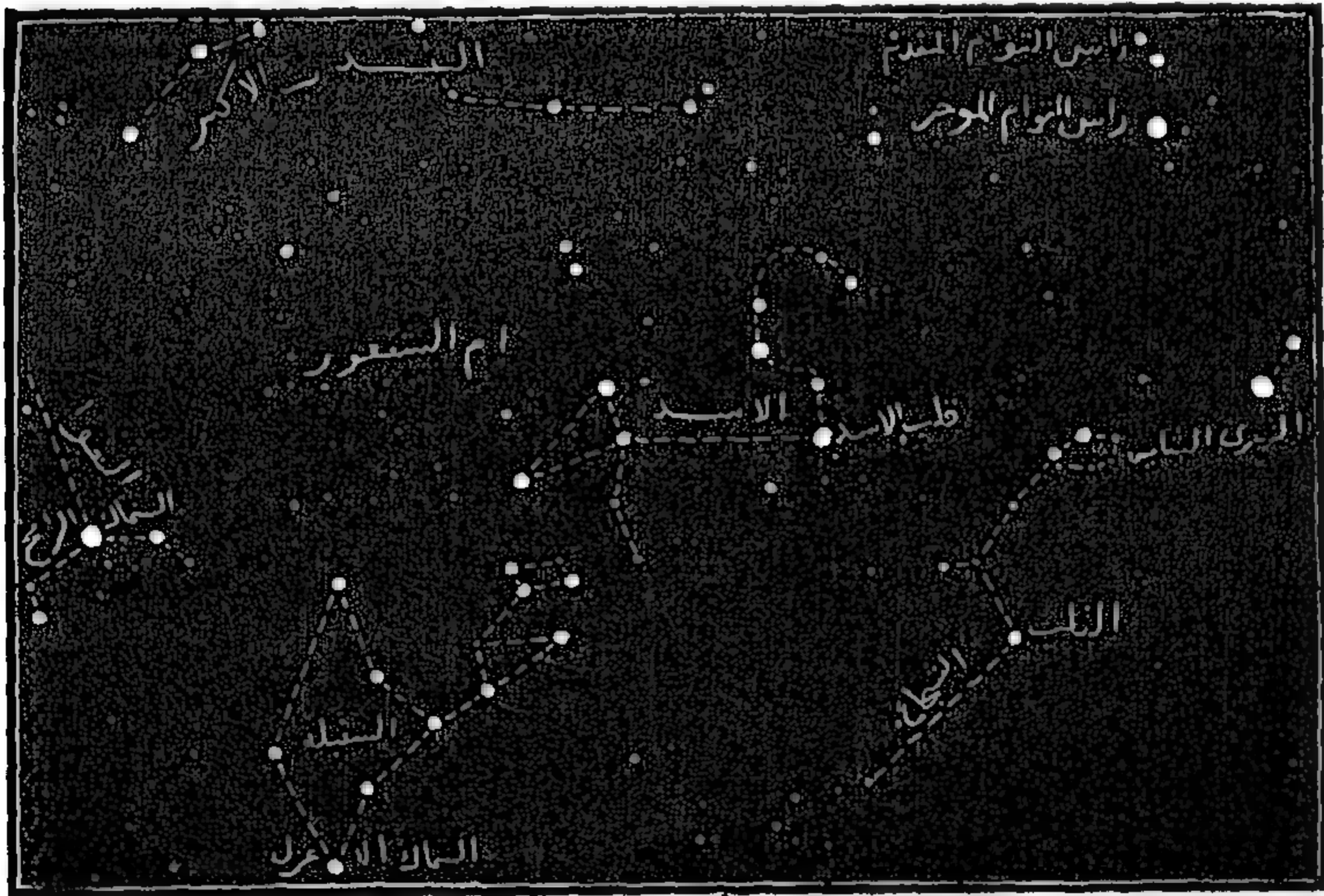
برشاوش - اذا مد الخط ب ح من المرأة المسلسلة يمر بالنجمة أ من برشاوش . ومربع الفرس الاعظم والخط ب ح من المرأة المسلسلة والنجمة أ من برشاوش تكون جملة شكلها يشابه الدب الاكبر الا انه ذو امتداد أعظم منه

الغول - النجمة ١ من برشاوش توحد أيضا على امتداد الخط ا ح من مستطيل الدب الأكبر وإذا مد هذا الاتجاه الأخير قليلا من جهة ا يقابل ب من برشاوش وتسمى الغول وهي نجمة شهيرة جدا يتغير ضوءها تغيرا عظيما والغول هي أضواء نجمة من رأس الغول موضوعة في يد برشاوش



ش ١٤

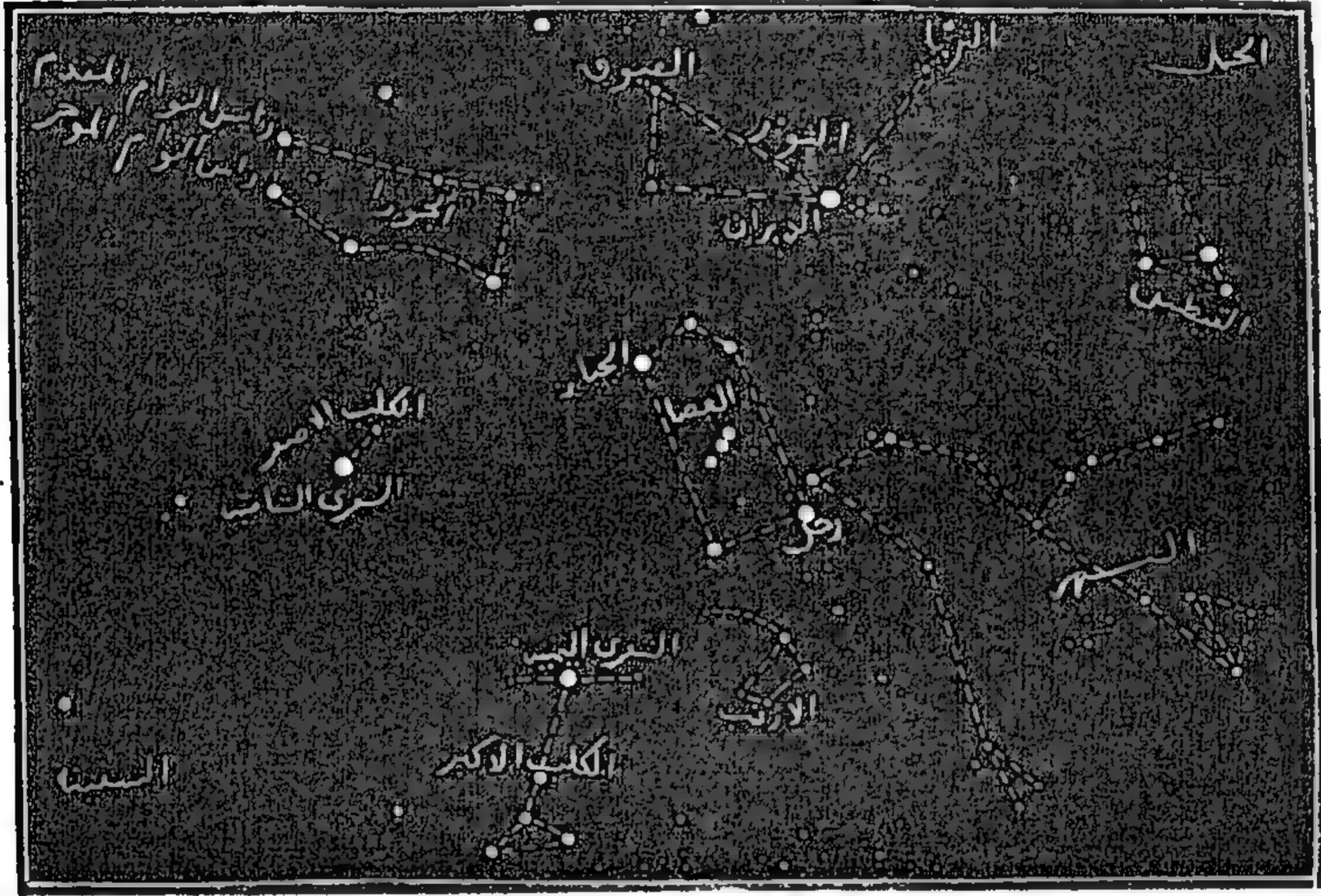
السنبلة - السماء الأعزل - (شكل ١٥) - نحو الجهة المقابلة لنصف الكرة وتقريرا على امتداد قطر مستطيل الدب الأكبر توجد صورة السنبلة وتحتوي على نجمة من القدر الأول تسمى السماء الأعزل



ش ١٥



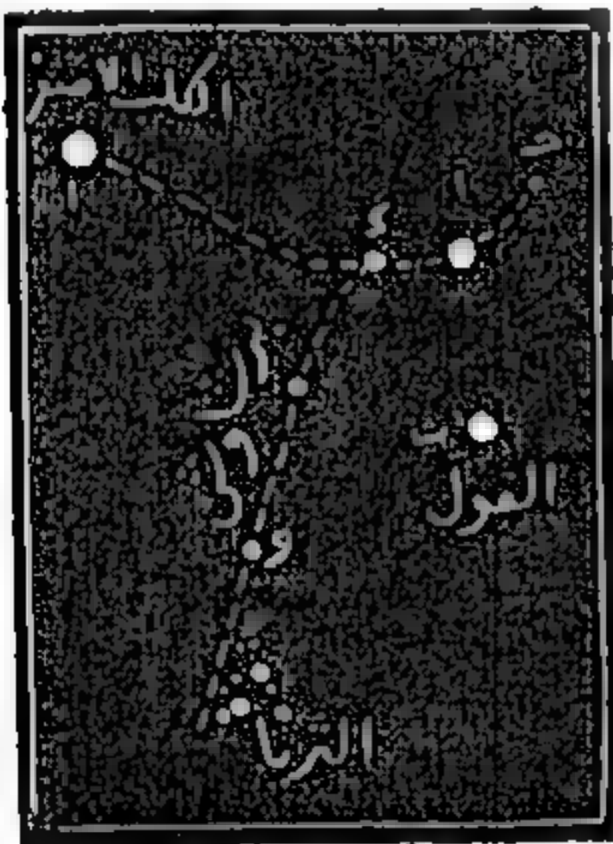
الاسد - قلب الاسد - اذا مد الخط اب من الدب الاكبر في الجهة المضادة للنجم القطبية فانه يمر بصورة الاسد والنجم ا من هذه الصورة هي من القدر الاول وتسمى قلب الاسد الجوزاء - رأس التوأم المقدم ورأس التوأم المؤخر (شكل ١٦) - القطر الثاني ب د من مستطيل الدب الاكبر ممتدا من جهة ب يقابل جملة نجوم شهيرة منها ا و ب ورأس التوأم المقدم ورأس التوأم المؤخر من صورة الجوزاء



ش ١٦

الكلب الأصغر - الشعرى الشامية - النجم ا وهي الشعرى الشامية من الكلب الأصغر توجد على امتداد الخط الواصل بين النجم القطبية ورأس التوأم المقدم من جهة هذه الأخيرة واذا مد الخط ب د من جهة الشعرى الشامية فانه يقابل النجم ا أو الشعرى اليمانية من الكلب الأعظم وهي أضواء نجوم السماء

ذو العنان - العيوق - (شكل ١٦) اذا مد الخط ب د من المرأة المسلسلة من جهة ا من برشاوش توجد نجمة من القدر الاول وهي ا من ذي العنان أو العيوق

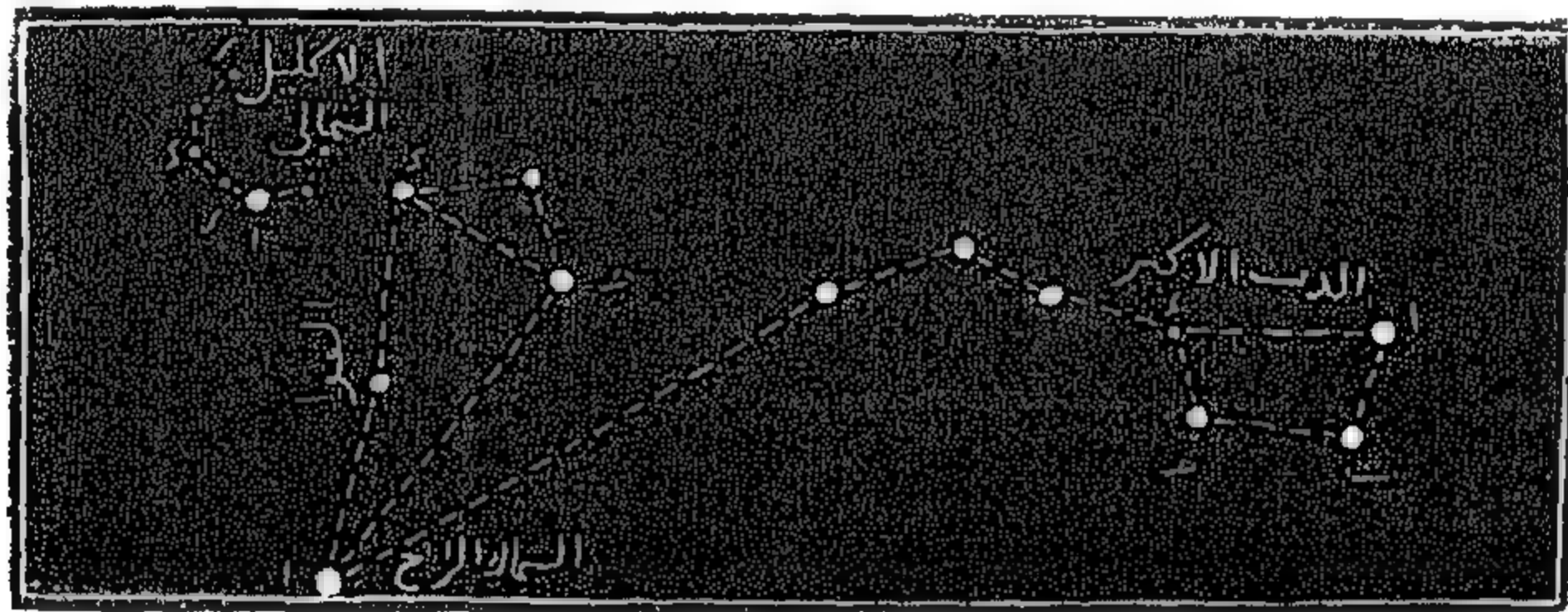


ش ١٧

الثور - الدبران - (شكل ١٧) اذا مد الاتجاه د ا من الدب الاكبر من جهة ذي العنان فانه يمر بصورة الثور ويمر بالقرب من الدبران أو عين الثور وهي نجمة من القدر الاول وفي صورة الثور توجد الثريا ورجل التوأمين

الجبار - الكلب الاعظم - الشعري اليمانية - اذا مد الخط الواصل بين النجمة القطبية والعيوق من جهة العيوق فانه يقابل الجبار وهو أجل صورة في السماء (شكل ١٦) ويحتوى على سبع نجوم أصلية أربع منها موضوعة على شكل شبه منحرف وفي مركزه توجد الثلاث الاخر التي هي أقل ضوءاً من الأربع وتوجد هذه النجوم الثلاث على خط مستقيم وتكون ما يسمى منطقة الجبار أو العصور رأسان من رؤس شبه المنحرف هما نجمتان من القدر الاول ا أو كتف الجبار و ب أو رجل و اذا مد خط العصا يقابل الشعري اليمانية من الكلب الاعظم التي علمت بتخطيط آخر

العواء - السمك الراح - (شكل ١٨) - اذا مد ذنب الدب الاكبر فانه يمر بالقرب من نجمة من القدر الاول منسوبة الى صورة العواء هي السمك الراح وهي أضوأ نجوم السماء بعد الشعري اليمانية



ش ١٨

النسر الواقع - الواقع - الخط الواصل بين السمك الاعزل من السنبلة والسمك الراح من العواء يمر بصورة النسر الواقع بالقرب من نجمة من القدر الاول هي ا من النسر الواقع وتسمى الواقع

الدجاجة - بجانب النسر الواقع توجد صورة الدجاجة المركبة من خمس نجوم مكونة صليبا والنجمة ا من هذه الصورة من القدر الاول

الاعتدال الربيعي - على امتداد المستقيم المار بنقطة د من الدب الاكبر و ا من الدب الاصغر و ا من المرأة المسلسلة توجد نقطة الاعتدال الربيعي على دائرة المعدل والدبران و قلب العقرب و قلب الاسد وفم الحوت من الحوت الشمالي تقسم السماء الى أربعة اجزاء متساوية وهذه النجوم الاربعة الملقبة بالنجوم الملوكية كانت هي أربع حراس السماء العجم بنحو ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد وكان الدبران في الاعتدال الربيعي هو حارس الشرق و قلب العقرب في الاعتدال الخريفي وهو حارس الغرب و قلب الاسد قريب من المنقلب الصيفي وفم الحوت على بعد صغير من المنقلب الشتوي ولكن هذه النقط تغيرت اليوم وسنعرف أسباب هذا التغير



## الباب الثانى

### فى الارض

#### الفصل الاول

شكل الارض - انعزالها فى الفراغ - كروية الارض -  
المناطق السماوية - ارتفاع القطب

٣١ - شكل الارض المستدير - انعزالها فى الفراغ - الشكل المستدير للارض  
أو كرويتها وانعزالها فى الفراغ الذى تتحرك فيه حركتان احدهما حول نفسها وتتمها فى مسافة  
يوم نجمى والاخرى حول الشمس وتتقطع فيهما مدارا مقفولا هى حقائق لم يجعل علم الفلك  
الجديد محلا للشك فيها

فلو أمكن رصد الارض من نقطة من السماء بعيدة بعدا كافيا لظهرت على شكل كروي تقريبا  
منعزل فى الفراغ بالكلية. وقد كان المتقدمون من الفلاسفة فى شك من ذلك ولكن هؤلاء  
براهين عديدة على حقيقة الامر نذكر لك بعضها

أما انعزال الارض فى الفراغ فيستدل عليه استدلالا واضحا من دور الحركة اليومية فان  
الكواكب التى تغرب على التعاقب واحد بعد آخر فوق افق محل أرضى حيثما اتفق والتى  
تظهر بعد قليل من الزمن فى جهة الشرق لا يمكنها أن تجرى مثل هذه الحركة الظاهرية ما لم  
تكن الارض غير محدودة من جميع الجهات وغير محمولة على شئ والاسفار الملاحية فى جميع  
الجهات قد اكدت عدم وجود حامل ما للارض وأثبتت استدارتها وانعزالها فى الفراغ

وأول هذه الاسفار كما لا يخفى هو الذى أجراه الملاح الشهير البرتغالى المسمى (فرديناند ماچلان)  
وذلك أنه فى ٢٠ سبتمبر سنة ١٥١٩ خرج من احدى دى البرتغال واتجه نحو الغرب وقابل  
أمرىقا التى اكتشفها (كريستوف كولومب) فى سنة ١٤٩٢ ولكنه لما لم يجد طريقا يسير  
فيه جهة الغرب التزم أن يجانب أمرىقا من جهة الجنوب ودخل فى المحيط الباسفيكى من  
البوغاز الذى سماه باسمه ثم مر بعد ذلك بين الماركيز والارخبيل الخطر (لبوچينفيل) ولسوء  
حظه لم يتم سفره بل مات فى جزيرة زيبو وأتم المشروع (سيباستيان دى كانو) ورجع من رأس  
عشم الحير ودخل أوروبا الثانى بعد مضى ثلاث سنين من تاريخ ذهابه فى ٦ سبتمبر سنة ١٥٢٢

٣٣ - اثبات كروية الارض - اذا وجد الانسان في أى محل على ارتفاع ما فوق الافق ولم تحجب الموانع الارضية عن نظره الشكل المنتظم فان الافق يتحدد دائماً دائرة يشغل هو مركزها فاذا ارتفع أكثر من ذلك كبر نصف قطر دائرة الافق ومن ذا يعلم ان تحديد الافق لم يكن ناشئاً عن ضعف فى البصر يمنع رؤية ما كان موضوعاً بعد بعد معلوم بل الافق هو الخط الفاصل بين الاجزاء المنظورة وغير المنظورة على كرة تامة التحديد (شكل ١٩) ويسهل اثبات ذلك اذا كان الراصد على شاطئ البحر ناظراً الى سفينة تتباعد عن الشاطئ فانه يرى أن السفينة يختفى بدنهما أولاً ثم قلوها القصيرة ثم قلوها العالية وليس ذلك ناشئاً عن ضعف فى البصر لان الحالة تكون بعينها ولو استعين باقوى النظارات



ش ١٩

وبالعكس حينما تقرب السفينة ترى أولاً قلوها العالية ثم القصيرة ثم هي نفسها فاذا ارتفع الرائي في لحظة اختفاء القلوع العالية بسرعة فانه يرى بالشئ جزأ من المركب صغيراً أو كبيراً يأخذ في الاختفاء عنه بالشئ بمعنى ان السفينة تبقى ظاهرة له مدة من الزمن تتسع كلما اتسع الافق أى كلما كان الراصد فى محل أكثر ارتفاعاً

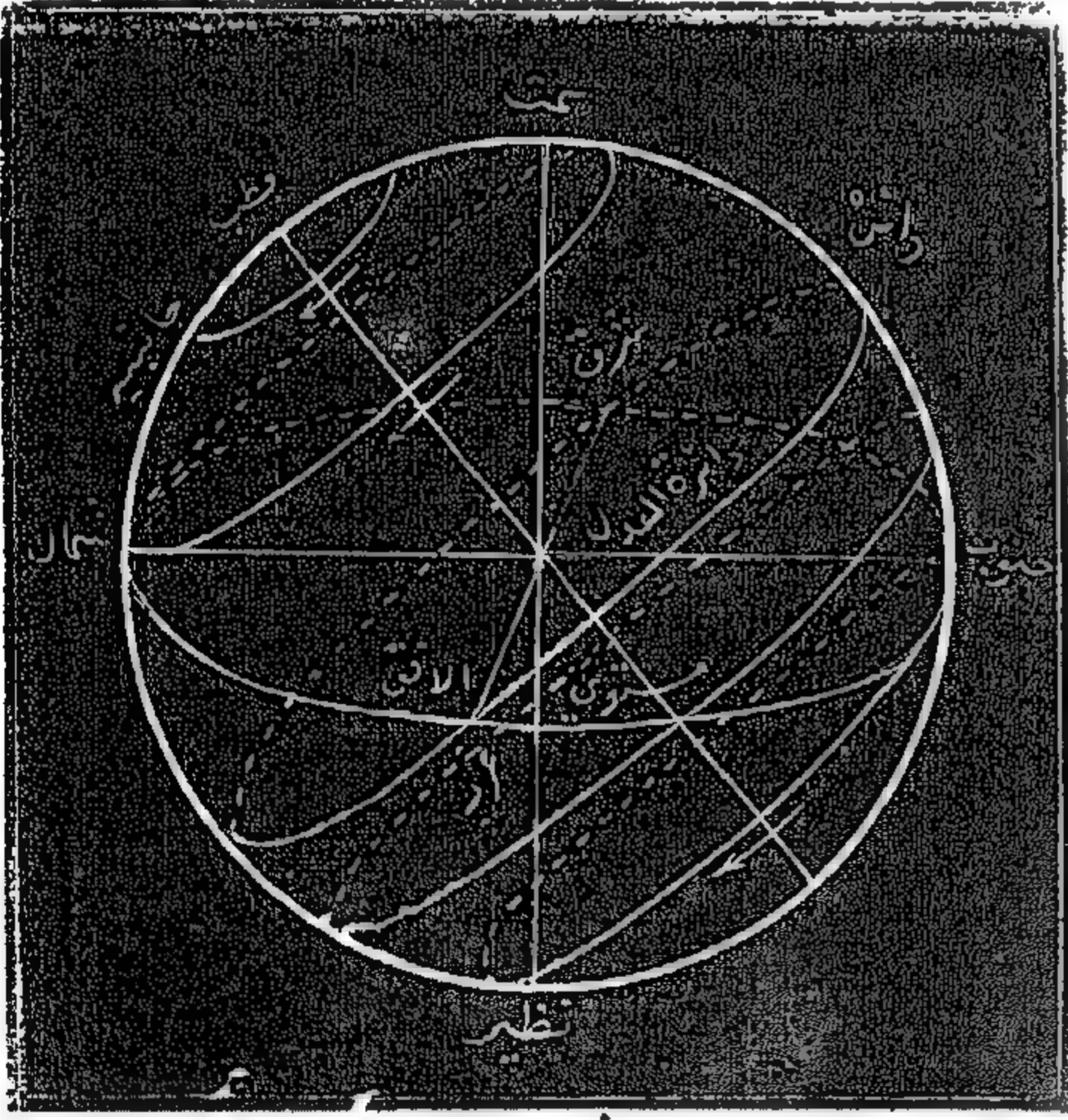
وهذه الظواهر تحقق تحدى البحر . والشكل المستدير للافق يوصل الى اعتبار السطح كروياً لان الكرة هي الجسم الذى يرى على شكل مستدير من أى جهة نظراً اليه

وأيضاً لو كان سطح القارات مسطحاً يتوابع غير محدد فافقاً محلياً أحدهما جهة الشمال والاخر جهة الجنوب ينطبقان ويلزم حينئذ أن ترى نجوم واحدة من هذين المحليين مع أن الامر ليس كذلك لان من كل منهما ترى نجوم لا تظهر فوق افق الآخر وهذا مما يثبت أن مستوى الافق يميل من الشمال الى الجنوب وتكون الارض محدبة فى نفس الجهة



٣٣ - المناطق السماوية - لنبحث الآن عن تأثير انحناء سطح الارض على منظر السماء فنقول حيث علمت ان الحركة اليومية حاصلة حول خط ثابت لا يتغير ميله على افق معلوم فنعدم التغير المذكور ينتج ان نجوم ما واحدة تشرق فوق الافق في مدة دورة الارض في أى وقت من السنة ومن هذه النجوم التي تشرق وتغرب ما يرى فوق الافق ليلاً ومنها ما يشرق ويغرب نهاراً ولا يرى بسبب ضوئه وأما النجوم القريبة من القطب فانها لا تنزل تحت الافق مطلقاً وتبقى منظورة في جميع ليالى السنة وهناك نجوم أخرى ترسم محيطاتها اليومية تحت الافق ولا ترى مطلقاً في المحل المفروض فيناء على ذلك يمكن تقسيم الكرة السماوية الى ثلاث مناطق الاولى منطقة النجوم القريبة من القطب وهي أبدية الظهور والثانية منطقة النجوم التي تشرق وتغرب وظهورها في الليل مرتبطة بالوقت الذي ينظر اليها فيجب من السنة والثالثة منطقة النجوم التي لا تظهر مطلقاً فوق الافق وتنفصل هذه الثلاث مناطق عن بعضها بدائرتين مماسيتين للافق احدهما في الشمال وتسمى دائرة الظهور الابدی والاخرى في الجنوب وتسمى دائرة الاختفاء الابدی

٣٤ - تأثير تغير الافق على منظر السماء - الانتقال على مستوى الزوال - اذا غير الراصد افقه بانتقاله في اتجاه خط الزوال سواء كان ذلك الانتقال من الشمال الى الجنوب أو من الجنوب الى الشمال (شكل ٢٠) وكانت الارض مستوية فلا يتغير شيء في منظر السماء وحيث ان انتقال الراصد كانه معدوم بالنسبة لبعده الكواكب العظيم عن الارض فتكون نجوم واحدة منظورة دائماً فوق الافق ونجوم واحدة مختفية تحته ولكن لا يكون الامر كذلك اذا كانت الارض كروية لانه في هذه الحالة اذا مر الراصد من افق الى آخر بان يتوجه جهة الجنوب مثلاً فانه يختمق تحت الافق الاول ويكتشف في جهة الجنوب نجوم من المنطقة التي لم تكن مرئية من قبل وفي جهة الشمال يرى بعض نجوم منطقة النجوم الابدية الظهور تشرق وتغرب أمامه وترتد ادسعة الجزء المنظور من السماء



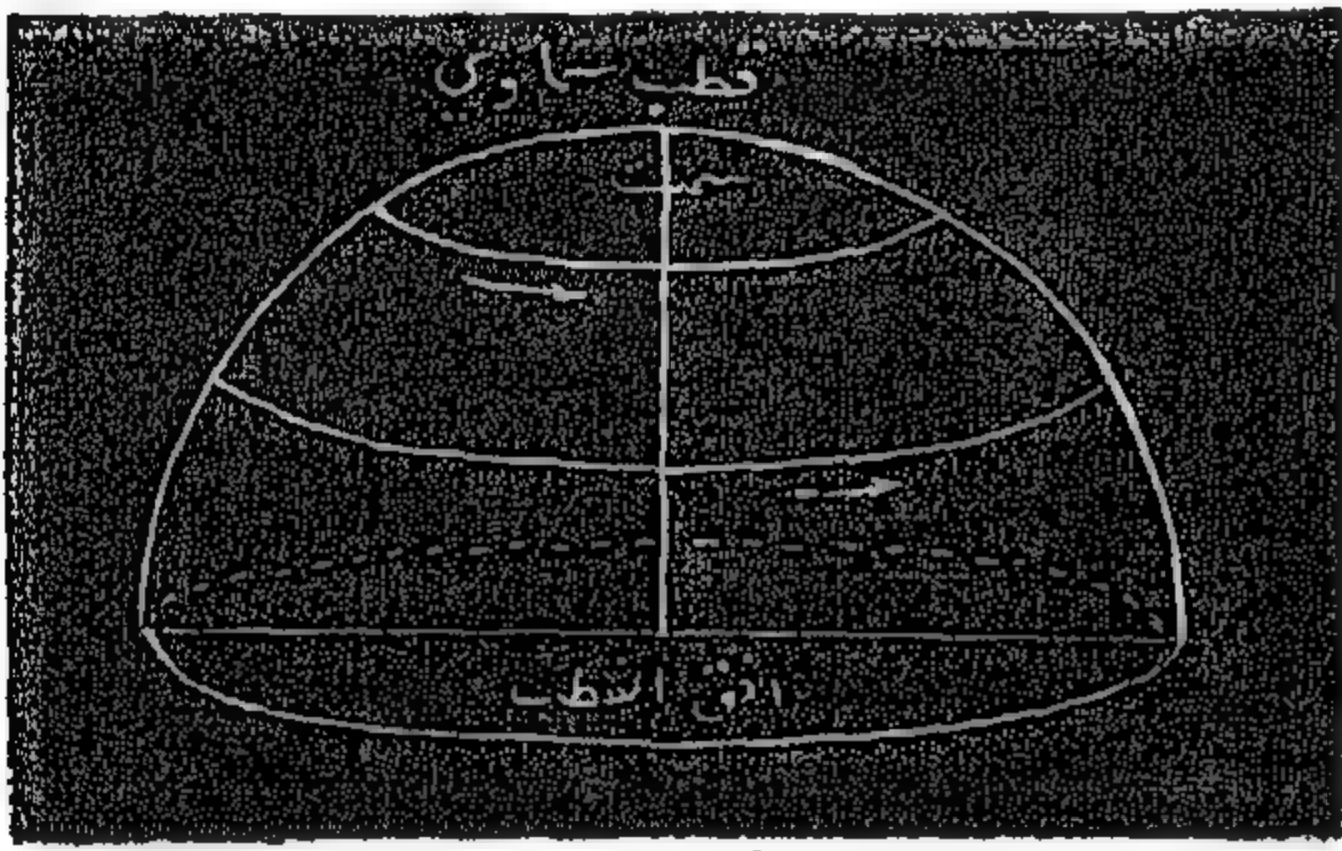
ش ٢٠

وإذا توجه الراصد جهة الشمال حصل العكس فتتسع منطقة النجوم الابدية الظهور ولكن في جهة الجنوب تصير بعض النجوم التي كانت تغرب فوق الافق مخفية تحته وتختفي عن نظره كلية وينقص الجزء المنظور من السماء

وهذه هي تغيرات منظر السماء التي يراها الراصد الذي ينتقل على سطح الارض في جهة مستوى زوال حيثما اتفق

٣٥ - ارتفاع القطب يتغير من افق الى آخر - يكفي لزيادة التحقق من الظاهرة التي تكلمنا عليها رصد الارتفاع الظاهري للقطب السماوي أو النجمة القطبية فوق الافق

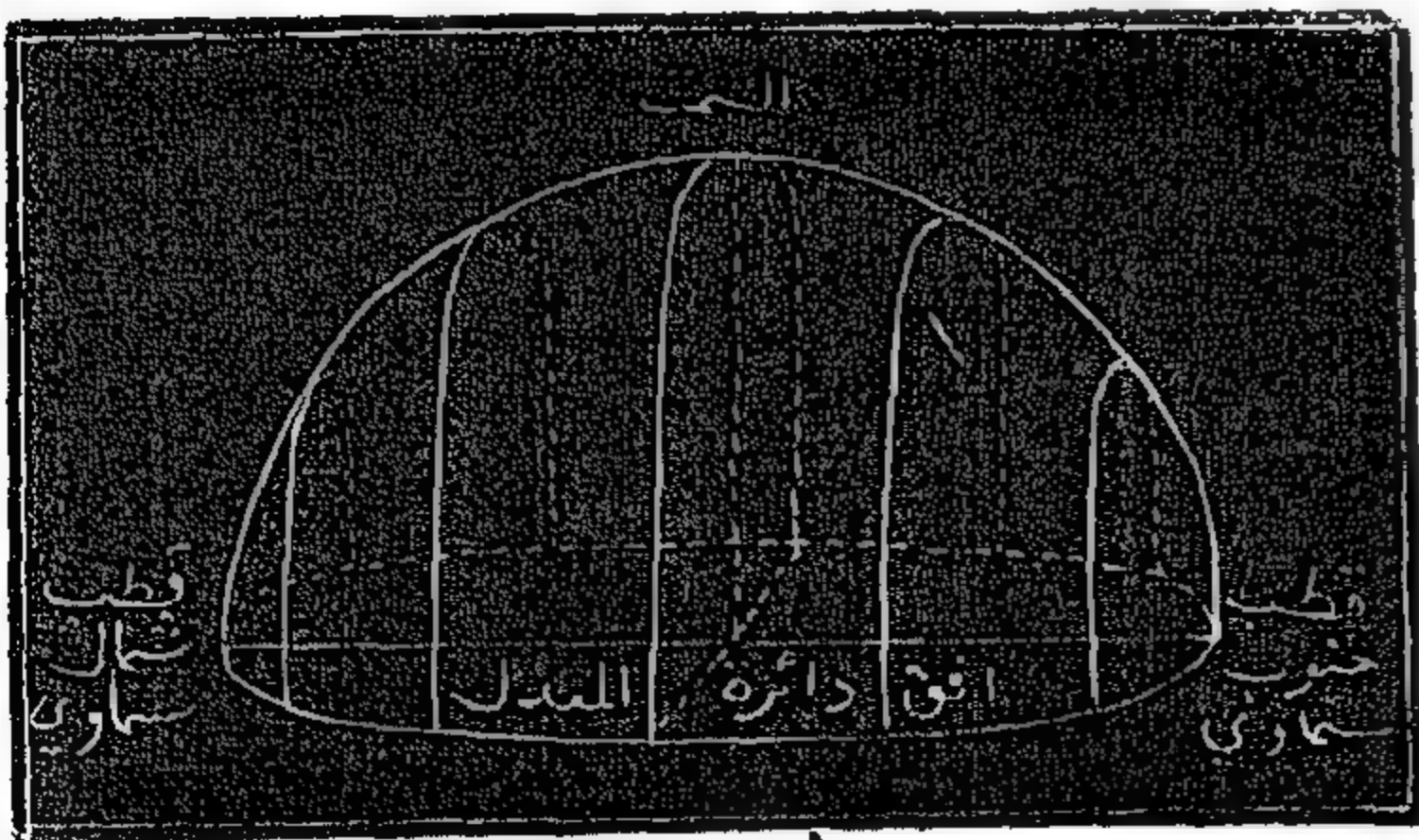
ففي المحروسة تكون النجمة القطبية مرتفعة عن الافق بقدر ثلث المسافة بين الافق والسمت تقريباً أعني ان محور العالم يصنع مع خط الزوال زاوية مقدارها (٣٠°) وكلما ذهب الراصد جهة الشمال ازدادت هذه الزاوية وازداد ارتفاع القطب فوق الافق وإذا أمكن



ش ٢١

الدخول في القطبين النجميين توصّل الى محل فيه ينطبق القطب على السمّت (شكل ٢١) وهناك تحصل الحركة اليومية للنجوم على حسب دوائر موازية للافق ولا يكون لاي نجمة منها شروق ولا غروب مطلقاً ويبقى نصف الكرة السماوية غير منظور في ذلك المحل على الدوام

٣٦ - الحركة اليومية في خط الاستواء - بعكس ما تقدم كلما ذهب الراصد جهة الجنوب انخفض القطب وانتهى الراصد الى محل فيه يصير القطبان مختلفين في الافق في اقل واحد وهناك تكون الاقواس اليومية المرسومة بالنجوم انصاف دوائر عمودية على الافق ونجوم الكرة السماوية بأكملها تشرق وتغرب في مسافة يوم وهذا المحل هو خط الاستواء الارضي (شكل ٢٢) وباستمرار الذهاب جهة الجنوب يرتفع القطب الجنوبي فوق الافق بخلاف القطب الشمالي فانه ينخفض شيئاً فشيئاً ويختفي تحته



ش ٢٢



ويمكن الرصد أن ينتهي الى أن يدخل في محل من الارض فيه يصير القطب الجنوبي في السميت وتجري نجوم النصف الثاني من الكرة السماوية الحركة اليومية على حسب دوائر موازية جميعها للافق

٣٧ - قد ينافي ما تقدم أن الارض كروية وانها منعزلة في الفراغ ولكن ربما اعترض ذلك وقيل كيف يمكن أن تبقى الارض معلقة بدون حامل وتبقى السكان والاشياء الشاغلة لسطحها ساكنة على جوانبها ومن أسفلها فنقول ان دفع هذا الاعتراض لا يعسر على من كان له الملم بالعلوم الرياضية والطبيعية

فان الجسم الثقيل المتروك ونفسه متى زاد ثقله عن ثقل حجم الهواء الذي يحل محله فإنه يهبط من أعلى الى أسفل في اتجاه رأسى المحل وقوانين هذه الحركة معلومة ومعلوم أيضا ان سقوط الاجسام ينسب للتأثير الثابت لجسم الارض أولكتلتها ويحصل هذا التأثير كما لو اعتبر أن جميع هذا الجسم مجتمع في مركز الكرة الأرضية وجاذب نحو هذا المركز جميع الاجسام الموضوعة على سطحها أو خارجة عنها

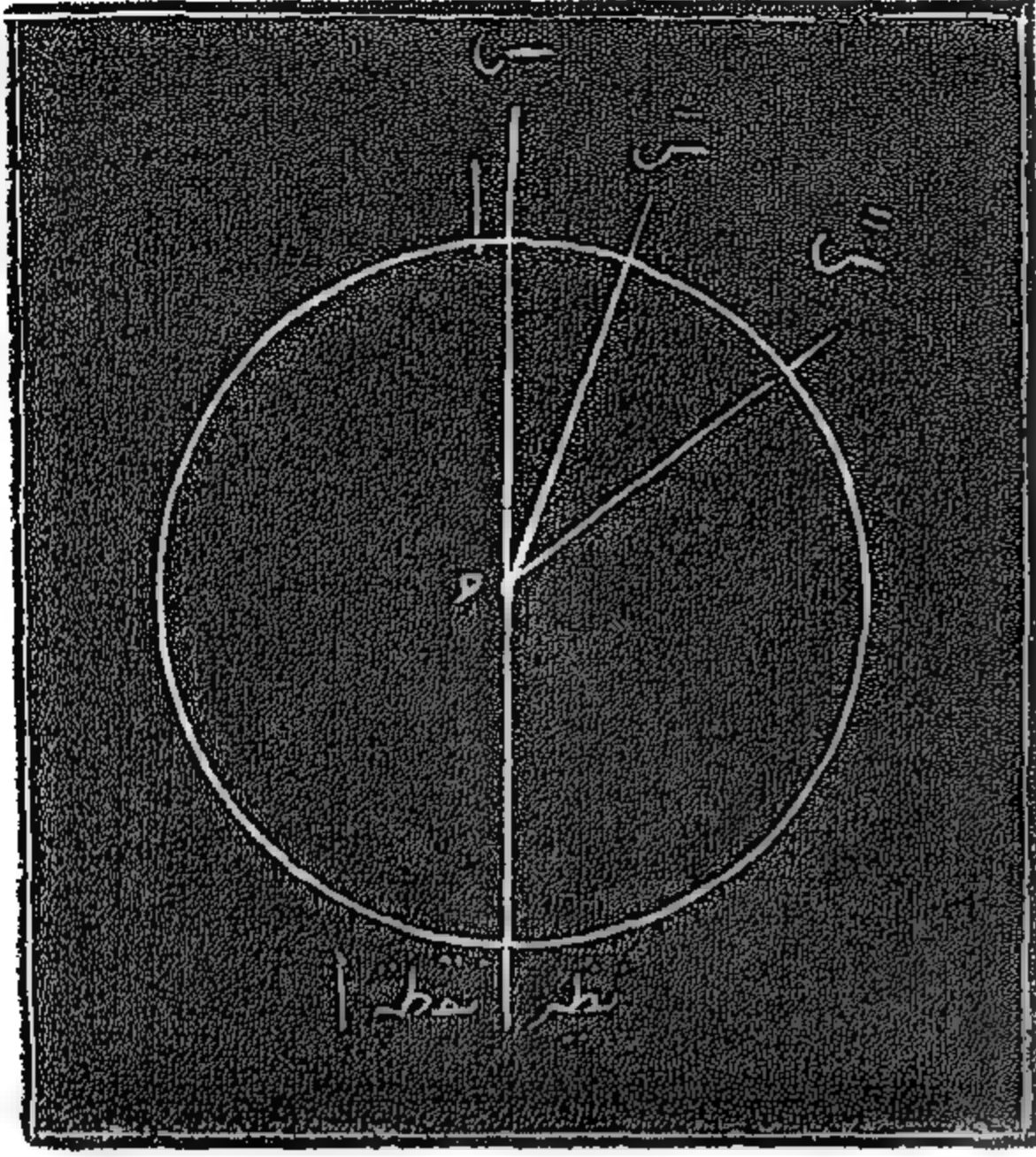
ولا يخفى أيضا ان ارتفاع الاجسام الاخف من طبقات الجو والسفلى كال دخان والقبعة الطائرة المملوءة بغازا ارتفاعا رأسيا عوضا عن سقوطها هي ظاهرة تتعلق بشروط موازنة السائلات الواقعة تحت فعل الثقائل ولا شك في أنها نتيجة جذب الارض أيضا

وحينئذ يؤثر جذب الارض من مركزها على جميع نقط محيطها واتجاه هذه القوة هو دائما تجاه رأسى كل نقطة

وحيث ان الارض كروية فممن افق الى اخر تغير الرأسى بدون أن نشعر بتغير اتجاهه وهذا التغير حقيقى انما لما كان الاصطلاح على الاعلى والاسفل أمران نسبيا وانهما ينسبان بالضرورة في كل افق الى نفس رأسى هذا الافق فلهذا نعتبر المحل الذى نحن به هو قمة الكرة وبما ان جميع الاجسام الثقيلة منضغطة بسبب جذب الارض أو بتأثير الثقائل على سطح الكرة في كل نقطة منها فينتج من ذلك أن لأعلى ولأسفل ولا جوانب لكرة كالارض

٣٨ - النظائر - كل نقطة من الكرة الأرضية لها نظير وهي النقطة الموجودة في الطرف الآخر من القطر المار بها التي افقها يكون موازيا لافق النقطة الاولى انما رأسيا نقطة ونظيرتها متجهان الى جهتين متضادتين . وحينئذ فلا يجب اذا رأينا سكان النقطة المناظرة لنا رؤسهم الى أعلى وأقدامهم الى أسفل . ومركز الجذب المشترك ( شكل ٢٣ ) يؤثر علينا وعليهم بكيفية واحدة ويحفظ الاجسام على السطح بواسطة ثقلها وهذا الضغط بعينه هو الذى

يحفظ الجو ومياه البحر في جميع الكرة الأرضية بحيث أن البحر والقارات والهواء تكون مع الطبقات الداخلية من الأرض كتلة واحدة مستديرة من جميع الجهات وتحيط بها السماء من كل جانب



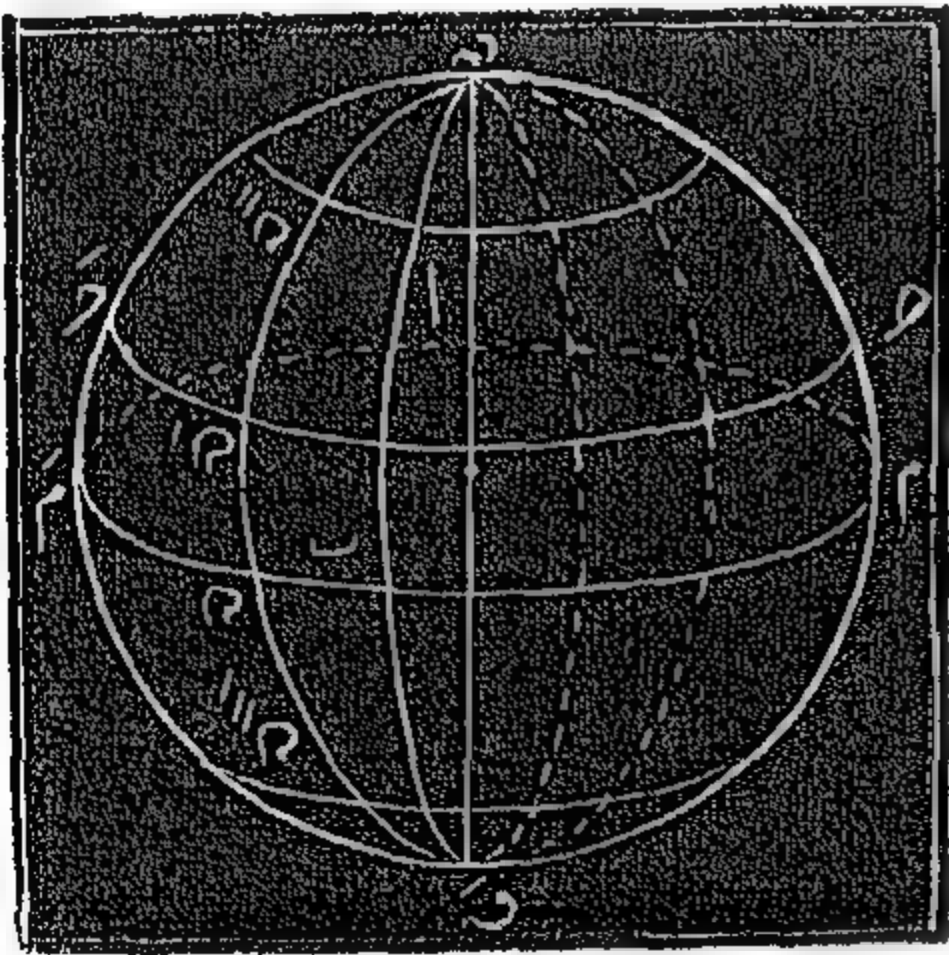
ش ٢٣

وأما عدم سقوط الأرض في الفراغ فالحقيقة كما نرى فيما بعد أنها تتحرك وترسم بسرعة عظيمة منحنيًا حول الشمس فإذا انقطع تأثير المركبة المماسية لاتجاه الحركة لانتجبت الأرض نحو الشمس بسرعة متزايدة ووقعت على سطحها وتكون قوانين سقوطها هي عين قوانين سقوط جسم ثقيل على سطح الأرض

## الفصل الثاني

الطول والعرض الجغرافيين - تعيينهما

٣٩ - الاقطاب الأرضية - خط الاستواء - الأرض مستديرة وذات شكل كروي تقريبًا وهي تدور حول أحد أقطارها الثابت الاتجاه في الفراغ في مسافة يوم تقريبًا ويسمى هذا القطر محور العالم إذا اعتبر بالنسبة للحركة اليومية الظاهرية للكرة السماوية ويبقى حينئذ نقطتان من سطح الأرض غير متحركتين وهما طرفا محور الدوران أو القطبان الأرضيان  $\alpha$  و  $\beta$  (شكل ٢٤)



ش ٢٤

فإذا تصورنا من مركز الأرض مستويًا عموديًا على المحور فإنه يقسم الكرة الأرضية إلى نصفين وتحدث فيها دائرة عظيمة  $\alpha\beta$  محيطها يسمى خط الاستواء فنصف الكرة المشتمل على القطب الشمالي يسمى نصف الكرة الشمالي والمحتوى على القطب الجنوبي يسمى نصف الكرة الجنوبي

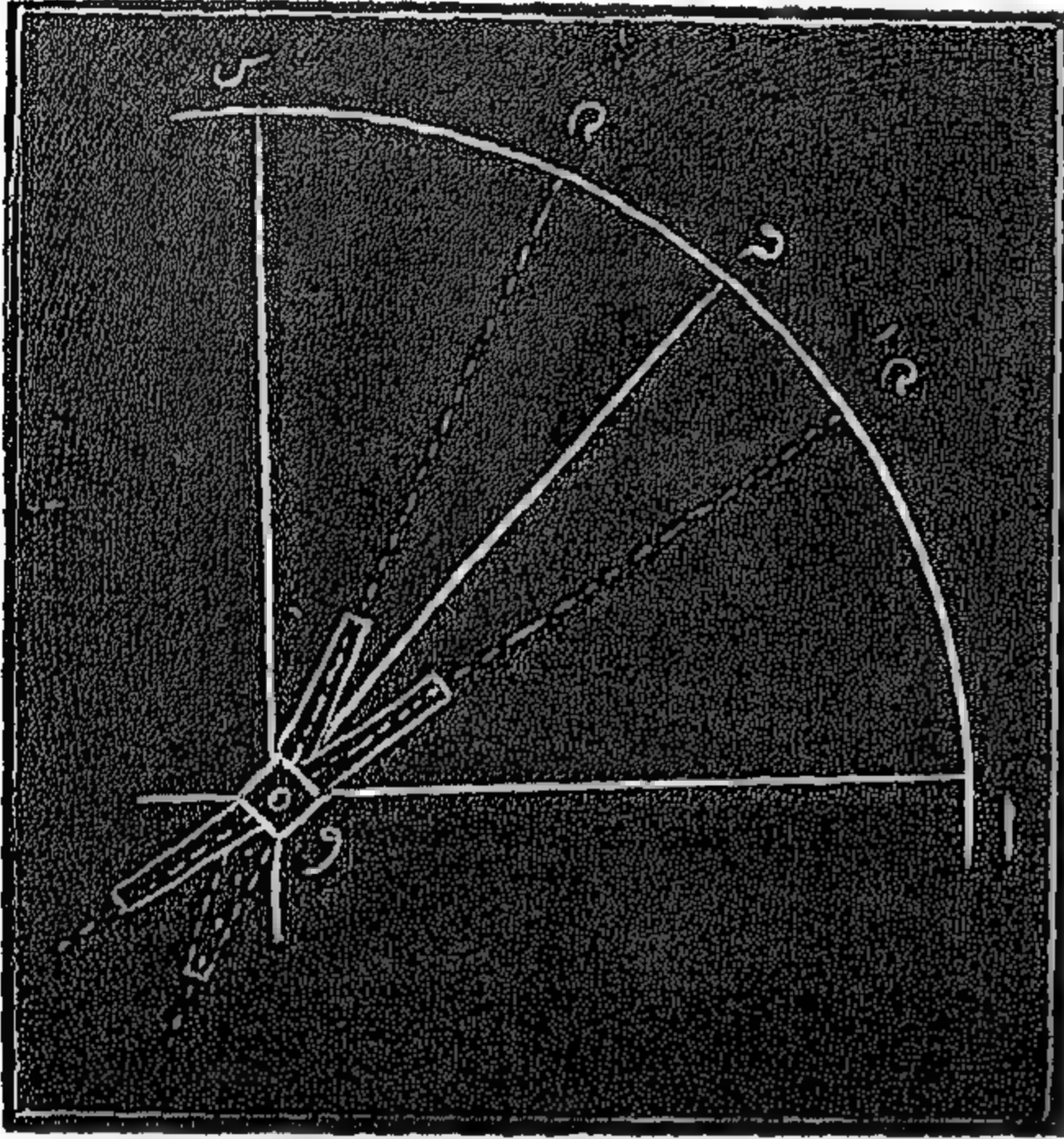
وكل دائرة مثل  $\alpha\beta$  مرسومة على سطح الأرض وموازية لخط الاستواء تسمى موازية





الخطين  $\alpha$  و  $\beta$  يكون العرض مساويا للزاوية  $\alpha$  الواقعة بينهما وحيث ان ضلعي هذه الزاوية الاخيرة هما خط الزوال  $\alpha$  للمحل والخط الواصل بين النقطة المعلوم  $\beta$  والقطب السماوي تكون هي الارتفاع الزاوي للقطب عن الافق وبناء على ذلك يقاس ارتفاع القطب فوق افق المحل ويكون هو عرض المحل المطلوب

٤٣ - قياس العرض - وقد يقاس مباشرة متم ارتفاع القطب أعنى الزاوية  $\alpha$  و  $\beta$



ش ٢٦

التي هي بعده السمتي بواسطة النظارة الزوالية بأن ترصد نجمة أبدية الظهور مثل  $\alpha$  (شكل ٢٦) في لحظة مرورها العلوي بمستوى الزوال وتعين الزاوية  $\alpha$  و  $\beta$  ثم في لحظة مرورها السفلي به وتعين الزاوية  $\alpha$  و  $\beta$  وحيث ان النجمة رسمت دائرة حول القطب يكون  $\alpha = \beta$  بمعنى أن محور العالم  $\alpha$  ينصف الزاوية  $\alpha$  و  $\beta$  ويحدث

$$\alpha = \beta = \alpha + \beta = \frac{1}{2} (\alpha - \beta) = \frac{\alpha + \beta}{2}$$

أعنى ان البعد السمتي للقطب يساوي نصف مجموع البعدين السمتين لنجمة أبدية الظهور في مرورها العلوي والسفلي بمستوى الزوال ومتى علم البعد المذكور يطرح من  $90^\circ$  فيتحصل على ارتفاع القطب أو على عرض المحل (١)

٤٤ - فرق طولى محلين بزمن نجمي - قد ذكرنا أن مبدأ اليوم النجمي يحسب من اللحظة التي ترفيها نقطة معلومة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وفي هذه اللحظة بين البندول النجمي المضبوط  $\theta$   $\delta$   $\gamma$

لكن من الواضح انه اذا مر من مستوى الزوال المحررفيه ذلك البندول الى مستوى زوال آخر واقع غريبه مثلاً اختلفت الساعة لان الحركة اليومية لا تجعل مستوى الزوال الثاني منطبقاً على الدائرة الساعية لنقطة الابداء الا بعد انطباق الاول عليها بزمن ما

(١) في البحار يقاس ارتفاع القطب بآلة مخصوصة تسمى السكستان برصد النهاية العظمى لارتفاع كوكب ميله معلوم فوق افق البحر وشرح الآلة المذكورة لا يسعه هذا المختصر



وذلك انه لما كانت الكرة السماوية تدور بحركة منتظمة حول خط القطبين وتتهافت في ٢٤ ساعة نجمية فاذا فرض أن في جميع النقط الارضية تكون الساعات محررة على مرور كوكب واحد بمستويات زوالها المتناظرة فالكوكب في حركته اليومية يمر على التعاقب بجميع مستويات الزوال ودائرة ميله أو الدائرة الساعية له تقطع خط الاستواء الارضي باعتبار ١٥° في الساعة و ١٥° في الدقيقة و ١٥° في الثانية وينتج من ذلك انه اذا كان خط طول محل واقعا شرقي محل آخر على بعد ١٥° منه فان النجمة تمر بمستوى زوال المحل الآخر بعد أن تمر بزوال المحل الاول بقدر ساعة واذا كانت ساعة المحل الاول ٨ س مثلاً تكون ساعة المحل الثاني ٩ س ويوجد حينئذ فرق قدره ساعة مقابل المسافة في الطول قدرها ١٥° وكذا يقابل فرقاً في الطول قدره ١٥° أو ١٥° فرق في الزمن قدره دقيقة أو ثانية وبناء على ذلك يتحصل على فرق طولي لمحليين بضرب فرق زمني هذين المحلين مبيناً بساعات ودقائق وثوان نجمية في ١٥

واذا كان أحد المحلين موجوداً على مستوى الزوال المتخذ مبدءاً فان فرق الساعات هو طول المحل الآخر

وحينئذ نفسألة قياس الاطوال تؤل الى المسئلة الآتية وهي

أن تعلم في آن واحد في لحظة واحدة طبيعية ساعة مستوى زوال المبدأ وساعة مستوى زوال المحل المراد معرفة طوله والطرق المستعملة لذلك كثيرة ونقتصر على ذكر أربعة منها

٤٥ - تعيين الاطوال بالاشارات النارية - لاجل ذلك تحرق كمية من البارود ليلا في نقطة متوسطة بين المحلين بشرط أن ترى من كل منهما أو يطلق مدفع في لحظة حصول الضوء يعلم كل راصد ما تبينه ساعته وأما اذا كان المحلان متباعدين كثيراً فتؤخذ جله أو ضاع واشارات متوسطة بينهما - فاذا كان المحلان على خط زوال واحد لم يوجد فرق في زمنيهما والا وجد فرق في زمنيهما هو فرق طولي المحلين مقدراً بالزمن ثم يحول الى درج ودقائق وثوان . ولزيادة الضبط تكرر العملية ثم يؤخذ متوسط النتائج المتحصلة . وهذه ملحوظة تستعمل في الطرق الأخرى

٤٦ - تعيين الاطوال بالتلغراف - اذا كان المحلان متصلين بخط تلغرافي يرسل أحد الراصدين الى الراصد الآخر اشارات كهربائية في وقت يعينه بالساعة والدقيقة والثانية ويعلم الراصد الآخر الساعة والدقيقة والثانية الموافقة لكل اشارة أيضاً ويكون سرعة

الكهربائية عظيمة جدا وقد رها يزيد عن ٢٥٠٠٠ فرسخا في الثانية تعتبر لحظة اعطاء  
الاشارة من أحد المحلين ووصولها الى المحل الآخر واحدة ففرق الزمنين محولا الى درج  
وكسوره يبين فرق طول المحلين

٤٧ - تعيين الاطوال بواسطة الكرونومترات - يستعمل البحريون والسواحون  
الكرونومترات وهي ساعات مضبوطة جدا ولا يجاد طول محل أو جلة محلات يضبط الكرونومتر  
على زمن المحل المعتبر مبدأ للاطوال كالمحروسة مثلا ثم يعين خطوه بغاية الدقة ثم ينقل  
الكرونومتر الى المحلات الاخرى ويقارن بالساعات الموجودة بها وحيث ان الكرونومتر مصلح  
على زمن المحل المعتبر مبدأ وخطوه معلوم فيعلم به في كل وقت زمن المحل الاصلى ومن هذه  
المقارنة يعلم الفرق بين زمن المحل الاصلى وأزمنة المحلات الاخرى وبالتحويل يتحصل على  
أطوالها بالنسبة للمحل الاصلى

٤٨ - تعيين الاطوال بواسطة الظواهر السماوية - يوجد من ضمن الظواهر الفلكية  
ما يرى في لحظة واحدة من جميع بقاع الارض ولا مكان الاخبار به بمقدما تذكر في التقاويم  
مع وقت حصولها في محل معلوم وهذه الظواهر هي مثل كسوف توابيع المشتري  
ومن البديهي انه برصد هذه الظواهر يجب طول المحل الحاصل فيه الرصد بمثل طريقة  
الاشارات النارية والتلغرافية

## الفصل الثالث

في تبسيط الارض - شكلها وابعادها

٤٩ - أبعاد الارض بفرض انها كروية - قد اعتبرنا فيما سبق ان الارض كروية  
وصرفنا النظر عن عدم الانتظام الذي ينشأ عن الاراضى والوديان والجبال والانحدارات  
أعنى فرضنا ان سطحها من جميع الجهات في استواء البحار . فبهذا الفرض تكون  
المستويات الجانبية دوائر عظيمة من الكرة وكذلك خط الاستواء وتكون جميعها متساوية .  
ولكن للحصول على الابعاد الحقيقية للارض يكفي قياس جزء معين من أحد هذه الدوائر  
كطول قوس درجة أو درجتين أو ثلاث درجات مثلا ليستخرج بواسطة الحساب طول المحيط  
بأكمله



فإذا كان  $L$  طول درجات عددها  $\div$  يكون طول المحيط هو  $\frac{L \times 360}{\div}$  وأما نصف قطر الكرة الأرضية المرموز له بالحرف  $S$  فيكون مقداره هو

$$S = \frac{L \times 360}{\div ط 2}$$

وبواسطة هذه الطريقة قد حسب الفلكي اليوناني (إراتوستين) للمحيط الأرضي طولاً قدره ٢٥٠٠٠٠ استاد (٤٥ مايون مترو وهو أكبر من الحقيقة بقدر التسع) بأن قاس فرق عرضي مدينة (سين) بالصعيد واسكندرية اللتين كانت المسافة بينهما معلومة واستخرج ذلك العدد الذي ذكرناه

وأما الطريقة التي اتبعها الحكيم الفرنسي (فرنل) وشرع فيها سنة ١٥٥٠ لقياس طول درجة من خط جانبي فهي أنه وشح إحدى عجلات عربته بعدد وقطع المسافة الواقعة بين أميين وباريس على حسب الخط الجانبي ووجد طول قوس مقداره درجة ٥٧.٧٠ تواز وبفرض كروية الأرض فإن هذا المقدار يعطى أطول الخط الجانبي ٤٠٠٤٣٠٠٠ متر تقريباً وهو قريب من النتائج التي استحصل عليها أخيراً

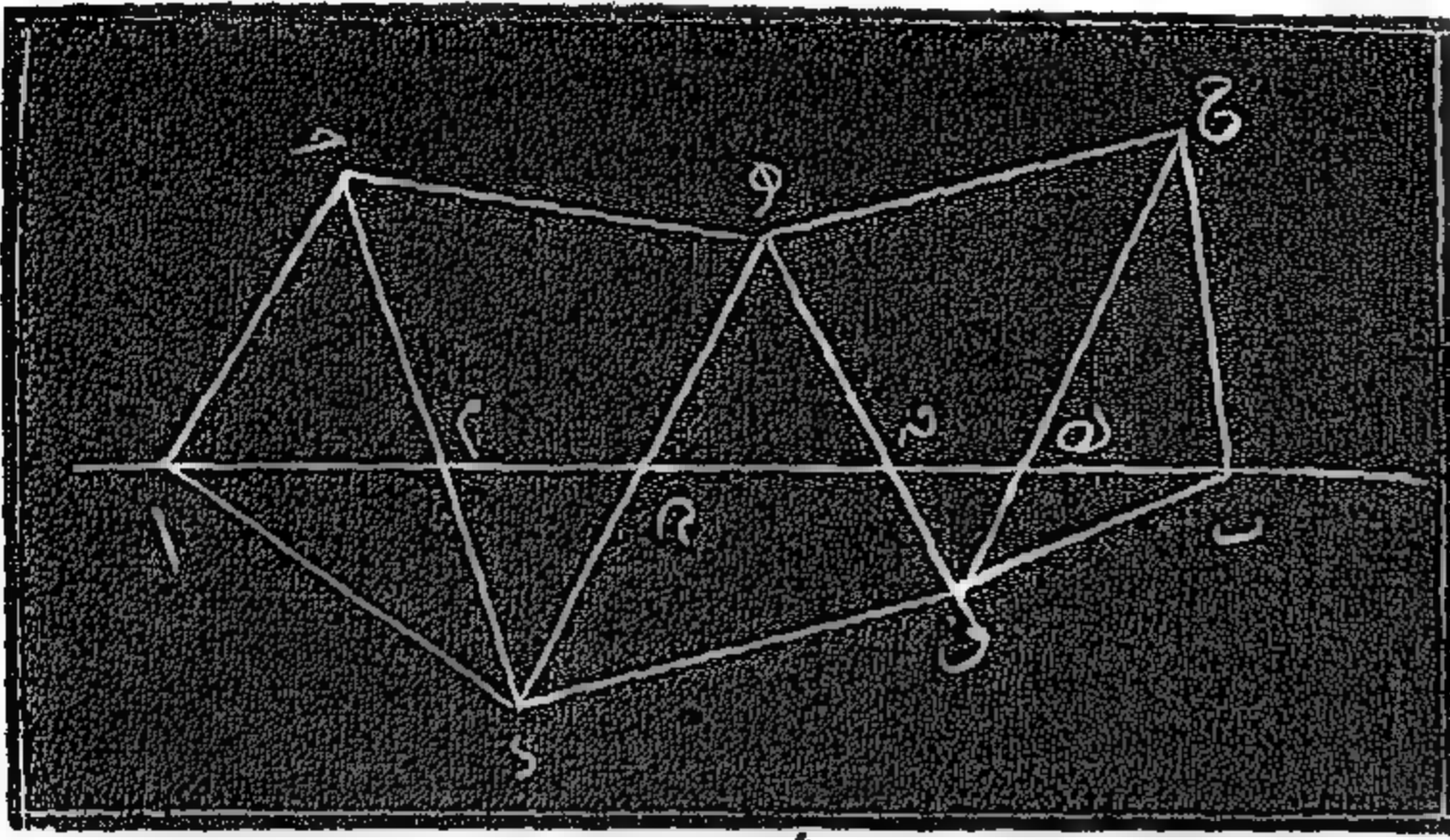
٥٠ - تعيين شكل خط جانبي - لتعيين الشكل الحقيقي لخط جانبي لا يكفي قياس طول قوس درجة واحدة في عرض حيثما اتفق بل يلزم تكرار العملية على جميع امتداد الخط الجانبي وإن استحال ذلك فعلى نقط متباعدة بالكفاية وعلى أقواس كبيرة ليوصل إلى القانون الذي تتبعه الأطوال المتتالية للأقواس التي كل منها  $\div$  وإلى معرفة الشكل الحقيقي للمنحنى الجاري عليه العمل

ولكن قياس قوس من خط جانبي يحتاج لعمل طويل وحسابات كثيرة ومع ذلك فخرصا على عدم ضياع الفائدة نلخص الطريقة المستعملة لذلك

٥١ - قياس قوس من خط جانبي - السلسلة المثلثية - إذا أردنا قياس قوس الخط الجانبي المحصور بين محلين حيثما اتفق يجب قبل كل شيء البحث عن سعة هذا القوس ويكفي بعد معرفة العرض الجغرافي لكل من المحلين أن يطرح أحد العرضين من الآخر وطريقة تعيين عرض أي محل سبق إيضاحها

ثم يلزم قياس طول جزء الخط الجانبي المحصور بين المحلين المتطرفين وهذه عملية صعبة ولا يتيسر إجرائها مباشرة لأن عدم تساوي الأراضي لا يتأتى معه قياس خط طويل لا يمكن تخطيطه على الأرض بالتحقيق والطريقة المستعملة هي السلسلة المثلثية وهالك شرحها

ليكن  $AB$  هو الجزء من الخط الجانبي المراد قياسه (شكل ٢٧) فإذا كانت الأرض



ش ٢٧

مستوية بجوار نقطة  $A$  تحت  
قاعدة مثل  $ACH$  تقاس بغاية الدقة  
ثم ينتخب في جهتي القوس  $AB$   
أوضاع  $D$  و  $H$  و  $F$  و  $C$   
بحيث يمكن من كل منها رؤية  
الأوضاع المجاورة جلياً بتظار  
التبؤدوليت بجميع المستويات

الرأسية التي تجمع هذه النقاط ببعضها تقطع المستوى الأفقي في الخطوط  $AD$   
و  $CH$  و ... ويتكون عنهما يسمى سلسلة مثلثية

فالهندس الموجود في  $A$  يقيس بالتبؤدوليت الزاويتين  $HAD$  و  $HAC$  ثم ينتقل في  $C$   
ويقيس الزاويتين  $ACH$  و  $CHD$  ثم في  $D$  ويقيس الزاويتين  $CDH$  و  $DCF$   
ثم في  $F$  ويقيس  $DFH$  و  $CFE$  وهكذا

إذا تقرر هذا فمن المثلث  $HAC$  يعلم الضلع  $AC$  ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حله وحساب  
الضلع  $CH$  وفي المثلث  $ACH$  يعلم الضلع  $CH$  ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حساب  
الجزء  $AM$  من الخط الجانبي (أو خط نصف النهار) وكذلك الضلع  $CM$  والزاوية  $CHM$   
وحيث علم  $CH$  و  $CM$  ففرقهما يعطى  $M$  ويمكن حل المثلث  $MD$  الذي يعلم منه  
الضلع  $MD$  ومجاورتاه من الزوايا وبهذه المنابة يتوصل على الجزء الثاني  $MD$  ثم يحسب  
 $DE$  والزاوية  $MD$  ويحل المثلث  $CHD$  المعلوم فيه الضلع  $CH$  ومجاورتاه من  
الزوايا ويحسب منه الضلع  $HD$  ويعلم  $DE = HD - DE$  ويحل المثلث  $DEH$   
ويحسب الجزء الثالث  $DE$  من خط نصف النهار وبالأستمرار على ذلك يتوصل إلى حساب  
الطول  $AB$  جزأً جزأً

فإذا استحال قياس القاعدة  $ACH$  مباشرة تقاس قاعدة أخرى بجوار نقطة  $A$  لكن يلزم  
حينئذ ربط هذه القاعدة الأخيرة بالسلسلة الأصلية بمساعدة سلسلة تحسب أجزاؤها  
بالطريقة التي ذكرناها

٥٢ - أطوال أقواس مقدارها درجة واحدة في عروض مختلفة - فرق عرضي جزيرة  
(فرمنترا) ورصدخانه (جرينويس) في إنكلترا هو  $٤٧^\circ ١٢'$  فالأطوال المتوسطة لستم



أقواس من الخط الجانبي المحصور بين هاتين النقطتين طول كل قوس منها درجة واحدة هي (١)

أقواس	عروض متوسطة	طول قوس ١ بالمتر
من جرينويس الى دنكرك .....	١٥ ٥١	١١١٢٨٥,٣٥
من دنكرك الى بنتيون .....	٥٦ ٤٩	١١١٢٦٥,٩٨
من بنتيون الى ايغو .....	٣١ ٤٧	١١١٢٣٠,١٨
من ايغو الى كرسوه .....	٤٢ ٤٤	١١١٠٥٠,٩٧
من كرسوه الى منتجوى .....	١٧ ٤٢	١١١٠١٨,٠٣
من منتجوى الى فرمنترا ....	١ ٤٠	١١١٠٠٨,١٣

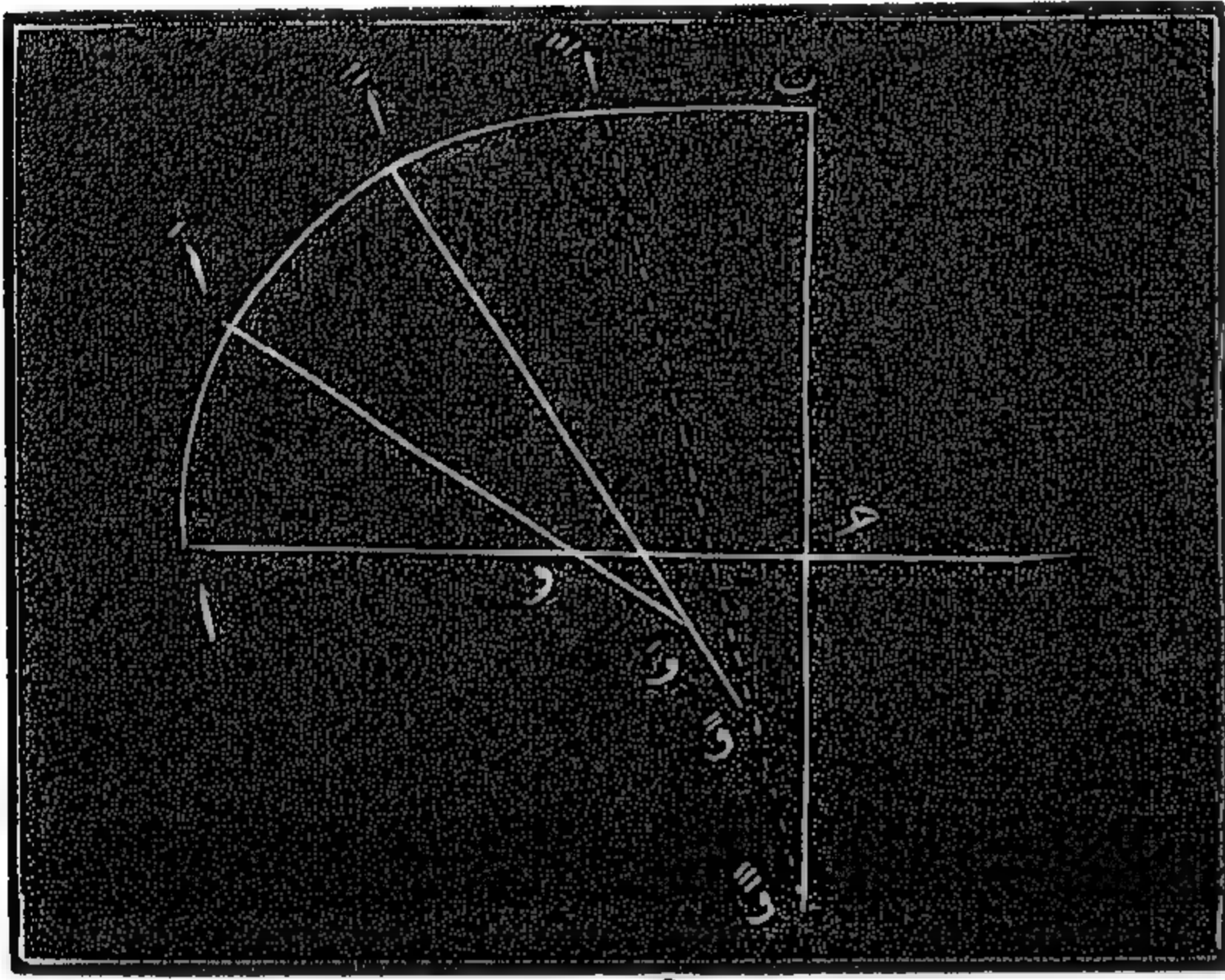
ويتبين من هذا الجدول ان طول قوس ١ يتناقص بنقصان العرض والنتيجة بعينها اذا قورنت أقواس الخط الجانبي المأخوذ في عروض مختلفة من نصف كرة وبالفعل قد وجدت الاعداد الآتية لاطوال قوس ١ بالابتداء من الدائرة القطبية لغاية خط الاستواء

المحلات أو الاقواس التي قيست	عروض متوسطة	طول قوس ١
لايونيا .....	٢٠ ٦٦	١١١٤٧٧
الروسيا .....	٢٥ ٥٦	١١١٣٦٠
انكلترا .....	٢ ٥٢	١١١٢٢٤
فرنسا واسبانيا .....	٨ ٤٦	١١١١٤٣
الهند الشرقي .....	٣٧ ٢٢	١١٠٦٦٨
بنغال .....	٣٢ ١٢	١١٠٦٣١
بيروا .....	٣١ ١	١١٠٥٨٢

٥٣ - شكل الخط الجانبي قطع ناقص - يرى من هذا الجدول ان طول قوس ١ من خط جانبي يأخذ في الازدياد بازداد العرض أو كلما ابتعد عن خط الاستواء واقترب من القطب وجميع الاقيسة التي اجريت في نصف الكرة رغما عن الموانع الارضية كانت جميعها مؤكدة لذلك

(١) هذه الاطوال استحصل عاينها مقدرة بالتوازي لان القاعدة المترية لم تكن وقتئذ ولما وضعتها هاهنا بالمتر

وحينئذ فالقول بكروية الارض غير صحيح والمستويات الجانبية ليست دوائر بل هي منحنيات مبسطة في جهة خط القطبين فهي تقرب من أن تكون قطوعاً ناقصة محورها الاصغر هو الخط المذكور ويحصل على شكل الارض بتدوير القطع الناقص حول محوره القطبي ويحدث مجسم القطع الناقص المتحرك المبسط وأما نصف المحور الاكبر للقطع الناقص المذكور فإنه يرسم مستوى خط الاستواء ومن الاقيسة المذكورة يمكن تخطيط منحنى خط جانبي بالضبط وذلك أن نأخذ طولاً اختيارياً  $و = ١$  مينا لنصف قطر خط الاستواء الارضى المعلوم ثم نجعل  $و$  مركزاً ونرسم بنصف القطر المذكور قوس دائرة ونقطع عليه عدداً ما من الدرج مثل  $٥$  وليكن  $١١$



ش ٢٨

(شكل ٢٨) هو القوس المذكور فيمكن حساب نصف قطر القوس  $١١$  التالى الذى عدد درجه  $٥$  أيضاً لان طول هذا القوس صاقياسه ويكون نصف القطر الجديد مينا بالتناسب

$$\frac{١١}{١} = \frac{١١}{١}$$

ثم يؤخذ على  $ا$  و طول  $ا-و$  مساو لنصف القطر الجديد ثم من نقطة  $و$  مركزاً ونصف قطر  $و-ا$  نرسم قوساً جديداً  $ا-ا'$  ويؤخذ عليه درج مساو  $٥$  ويحسب نصف قطر القوس التالى وهكذا الى أن يتم رسم ربع الخط الجانبى ويرى أن المنحنى ان يكاد أن يطبق على ربع قطع ناقص نصف محوره الاكبر هو  $ح-ا$  ونصف محوره الاصغر  $ح-ب$

٥٤ - تبسيط الارض - لاجل تميم تعيين شكل الارض وابعادها ينبغي حساب طول نصف المحور الاصغر ونصف القطر القطبي وطول نصف المحور الاكبر أو نصف قطر خط الاستواء ولقد استخرجت هذه الأطوال من النتائج التى استحصل عاها بقياس أقواس من الخط الجانبى فى عروض مختلفة وسيأتى بيان مقاديرها بالامتار . ويتعلق شكل المجسم الناقص بالنسبة بين طولى محوريه الاكبر والاصغر أو الكسر الذى يقاس به التبسيط ونسبة الفرق بين نصف قطر خط الاستواء ونصف القطر القطبى الى نصف قطر خط الاستواء نفسه تسمى تبسيطاً فإذا كان  $ا$  رمزاً لنصف قطر خط الاستواء أو نصف المحور الاكبر للقطع



الناقص الجانبي و ب لنصف القطر القطبي أو نصف المحور الأصغر له يكون تبسيط الأرض  
مبيناً بالمقدار  $\frac{1}{292}$

وباعتبار الأقيسة الجديدة التي أجريت على أقواس من الخط الجانبي يكون مقدار تبسيط  
الأرض اليوم هو  $\frac{1}{292}$

ومن ذا يرى أن نصف قطر خط الاستواء يزيد عن نصف القطر القطبي بقدر جزء واحد من  
٢٩٢ جزءاً من مقداره المخصوص فإذا أخذت كرة صناعية وجعل قطرها الاستوائي ٢٩٢ ملليمتراً  
يجب أن يعطى لمحور القطبين ٢٩١ ملليمتراً ويكون الفرق بين المحورين هو ملليمتر واحد وهو  
وإن كان لا يدرك بالنظر ولكنه ذا أهمية علمية عند الفلكيين والمهندسين (١)

٥٥ - الأبعاد الحقيقية للمجسم الناقص الأرضي - ينتج من الأعمال التي أجريت  
لتعيين طول الدرجات أن للقطع الناقص الجانبي انحرافاً كلياً يزيد عن ٤٠ مليون متراً  
ونصف قطر خط الاستواء هو تقريباً ٦٣٧٨٤٠٠ متر ونصف القطر القطبي هو ٦٣٥٦٥٠٠ متر  
ونصف القطر المتوسط بينهما أو نصف قطر الأرض معتبرة كروية هو ٦٣٧١٠٠٠ متراً  
وحينئذ فسمك الانتفاخ الاستوائي هو تقريباً ٢١٩٠٠ متراً وبعبارة أخرى أن التبسيط  
الكلي للكرة الأرضية هو ٤٤ كيلومتراً

٥٦ - عدم انتظام العوالي الأرضية - ارتفاع الجبال وعمق البحار - العوالي  
الأرضية غير منتظمة فإن بعض القسارات مرتفع كثيراً عن سطح البحر وبعضها مرتفع قليلاً  
والارتفاع المتوسط للأراضي فوق تسوية البحر لا يقل عن ٣٠٠ متراً أعنى جزءاً من عشرين  
ألف جزء من نصف القطر المتوسط تقريباً

وأعلى الجبال المعروفة لا يزيد ارتفاعه فوق تسوية البحر عن ٩٠٠٠ متراً وهذا المقدار هو  
جزء من سبع مائة جزء من نصف قطر الأرض وعلى كرة نصف قطرها متراً لا يزيد ارتفاع أعلى  
الجبال كجبال هيماليا عن السطح العمومي بأكثر من ملليمتر ونصف (١٤ ملليمتر) وأغلب  
العلاوى الأخرى يستحيل تمييزها تقريباً ولا يصح لنا حينئذ أن نشبه هذه الجبال بالنسبة  
للأرض بتضاريس البرتقانة كما هو الجارى لأنها في الحقيقة أقل من ذلك

وأما العمق المتوسط للبحار فيبلغ ٦٠٠ متراً ونهايته العظمى تبلغ ١٠٠٠٠ متراً

(١) تبسيط الأرض عند قطبيها وانتفاخها عند خط الاستواء ناشئ عن سيولتها في الأصل ونتيجة تأثير فعل  
القوة الطاردة المركزية الحادثة من الحركة الدورانية والسيارات التي هي المشتري وزحل التي حركتها  
الدورانية أسرع من حركة الأرض تبسيطها أعظم من تبسيط الأرض

وبعرفة المقادير المتقدمة لانصاف الاقطار يتوصل الى معرفة سطح الارض وحجمها فيوجد  
أن السطح الكلى للارض يحتوى تقريبا على ٥٠٩ مليون كيلومتر مربع وتشغل مياه البحر  
من هذا السطح ٣٨٣٠٠٠٠٠٠ كيلومتر مربع والباقي وقدره ١٢٦ مليون للقارات  
والجزائر بمعنى انها تكون ربع السطح الكلى للارض  
وأما حجمها فانه يزيد عن ألف مليار كيلومتر مكعب (١٠٧٩٥٠٠٠٠٠٠٠٠)

٥٧ - ولأجل تقيم ما يختص بإبعاد الارض نذكر لك الجدول الآتى

نصف قطر قطبي .....	٦٣٥٦٥٥٠	متر
» » استوائى .....	٦٣٧٨٤٠٠	»
» » متوسط .....	٦٣٧١٠٠٠	»
محيط خط جانبي .....	٤٠٠٠٨٠٣٢	»
» » الاستواء .....	٤٠٠٧٦٦٣٠	»
» » موازى ٤٥° .....	٢٨٠٤٢٠٠٠	»
طول درجه من خط جانبي	قطبي .....	١١١٦٩٠
	استوائى .....	١١٠٥٨٥
	متوسط .....	١١١١٣٣

تخطيط الارض .....

المسطح الكلى للارض .....

» » للبحار .....

» » للقارات والجزائر .....

حجم الارض .....

الجبل الابيض (أوروبا) ٤٨١٠ متر

» جاويزانسكر (آسيا) ٨٨٤٠

» كليمانقاروا (أفريقا) ٥٧٠٥

» تريف (أفريقا) ٢٧١٦

» اكوتنجاجا (أمريكا) ٦٨٣٤

» شيموراو (خط الاستوا) ٦٥٣٠

» بركان سونالو .....

» ٤١٩٧

» ٧٠٠٠

ارتفاعات أعلى الجبال  
فوق تسوية البحر

نهاية قطبي لعمق البحار — الاطالانطيقى الشمالى



## الفصل الرابع

### الحركة الدورانية للأرض

٥٨ - تدور الأرض حول خط قطبيها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في يوم نجمي ولا قامة الدليل على ذلك نقول

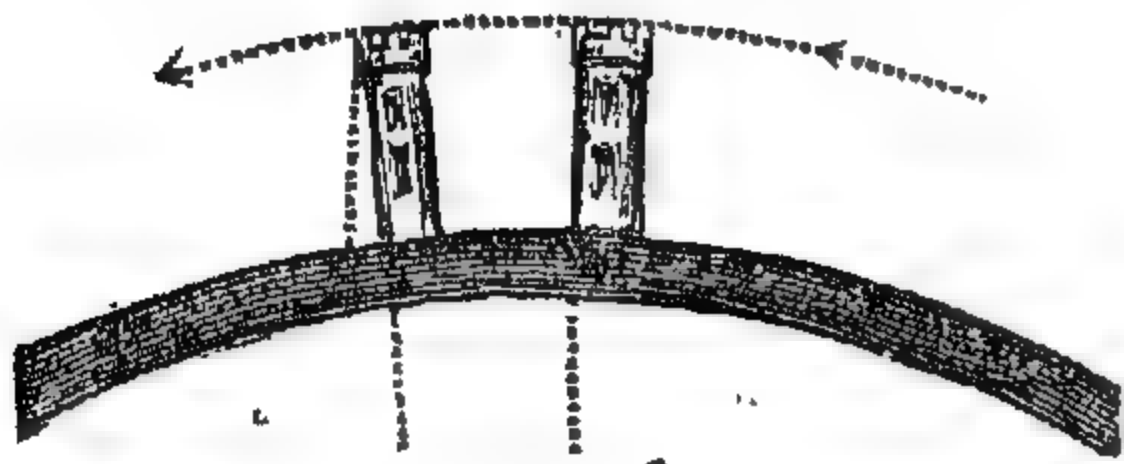
أولاً - اذا نظرنا الى السيارات كالريخ والمشتري وزحل بنظارة يرى في قرصها بقع دائمة تنقل عليه فتختفي في حافة منه لتظهر من الحافة المقابلة ومن ذا يستدل على أن لهذه الاجسام الكروية حركة مشابهة بالكلية للحركة التي تحدث ظواهر الحركة اليومية على الكرة الأرضية ومن تشابه هذه الحركات يستنتج أن الأرض تدور حول محورها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في مدة يوم نجمي

ثانياً - اذا كانت الأرض ساكنة لكانت الحركة الدورانية منسوبة للكرة النجمية في جهة عكسية وهذا الامر لا يمكن القول بصحته ما لم يتوهم كما كان يزعم الفلكيون القدماء أن النجوم مثبتة في قبة جامدة وأن هذه القبة هي التي تدور حول محور ماراً بالكرة الأرضية وهو وهم فاسد لان النجوم ليست نقاط مضيئة مرتبطة بعضها ببعض بل هي في الحقيقة كما أكدته الارصاد اجسام مستقلة بعضها عن بعض وحينئذ يصعب تصور الحركة المشتركة لجميع هذه الاجسام المنفصلة حول محور ماراً بالأرض لان هذه الحركات التي لا تحصى التي ليست متعلقة ببعضها الحادثة عن اجسام موجودة في الفراغ على ابعاد حيثما تفق لا بد وان تكون ذات سرع مبدئية باعداد فوق التصور فانه على حسب ابعاد النجوم وأوضاعها الظاهرية تختلف هذه السرع اختلافاً عظيماً وتكون بالنسبة لبعضها معدومة بالقرب من القطبين وكأنيها غير محدودة بالقرب من دائرة المعدل على انه يلزم لاجل حصول مثل هذه الحركة ان يكون بين السرع المذكورة نسب بحيث أن النجوم تتم جميع دوراتها غير المتعلقة ببعضها وغير المتساوية بالكلية في مسافة زمنية واحدة وهو محال وحينئذ تكون الأرض هي المتحركة والنجوم ثابتة

٥٩ - اثبات دوران الأرض بالتجربة - اذا ترك جسم ثقيل ونفسه من قبة برج رأسى فانه على فرض ان الأرض ساكنة يتبع الجسم المذكور بداهة في سقوطه اتجاه الرأسى وهو اتجاه التناقل ويقع على الأرض عند قاعدة البرج

ولا يكون الامر كذلك اذا كانت الأرض متحركة فانه يجب حينئذ ان يسقط الجسم الثقيل بعيداً قليلاً عن قاعدة المبنى وفي شرقيه

وحقيقة فانه في اللحظة التي يتدنى سقوط الجسم فيها يكون متأثرا بثلاث قوى وهي جذب الكرة الارضية والقوة المركزية الطاردة والقوة المركزية الطاردة المركبة فمحصلة القوتين الاوليتين هي التناقل الذي اتجاهاه هو الرأسى بالضبط وحيث انه مقرّر في علم الميكانيكا أن القوة الثالثة تنتج زوگانا نحو الشرق يكون (لارتفاع الواحد للسقوط) في نهايته العظمى عند خط الاستواء ويأخذ في النقص بازدياد العرض فينتدّ يتبين أن الاجسام التي تسقط بنفسها في الهواء تكابد زوگانا شرقيا وتضعب مشاهدته لانه كما ثبت بالحساب صغير ويختلط بأسباب



ش ٢٩

الزوگان التي تنشأ من هبوب الرياح مثلا وقد عملت تجرية في بئر معدني عمقه ١٥٨,٥ مترا ووجد أن الجسم الساقط كابد زوگانا جهة الشرق قدره ٢٨,٣ ملليمترا (شكل ٢٩)

٦٠ - تجرية فوكو - ينسب الى ايون فوكو تجرية أثبتت دوران الارض وأجريت هذه التجرية في سنة ١٨٥١ تحت قبة بنيتون وهي عبارة عن بندول مكون من كرة ثقيلة من النحاس الاصفر معلقة في مركز الشخشيخة بواسطة خيط من الصلب طوله ٦٤ مترا ثم ان (فوكو) أخرج البندول من وضعه الرأسى ثم تركه لفعل التناقل وأجرى جميع الاحتراسات اللازمة لكي لا يحصل للبندول دفع يجعله يتحرك جهة اليمين أو جهة الشمال فلو كانت الارض ساكنة لاستمر البندول يتحرك في المستوى الرأسى الذي أعطى له في أول مرة لكن المعلم (فوكو) رأى يكابد زوگانا امتتاليا من الشرق الى الغرب حتى انه في مسافة ساعة تباعد مستوى رجات البندول عن اتجاهاه الاصلى بقدر ١١ درجة لكن هذا الزوگان ظاهري وهو ناشى عن الحركة الحقيقية الدورانية للكرة الارضية الحاصلة من الغرب نحو الشرق (١)

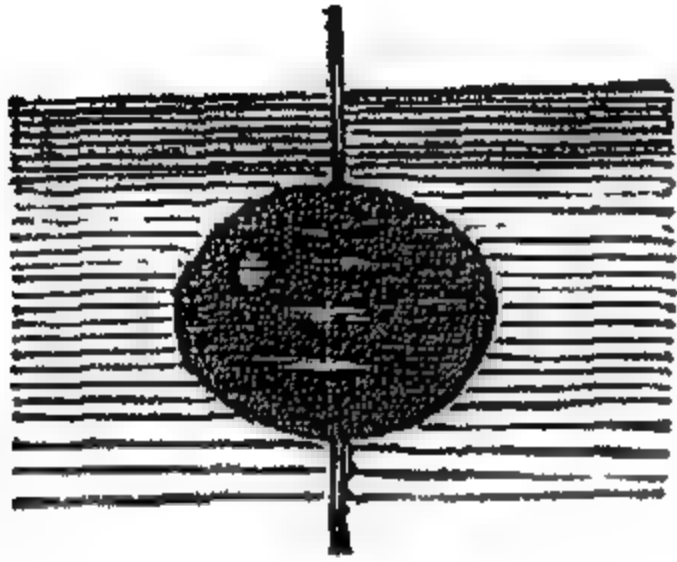
٦١ - تبطيط الكرة السائلة - قد ذكرنا فيما سبق أن تبطيط الارض أو شكل الجسم الناقصى الذي لها ناتج عن الحركة الدورانية وهو الاثر المستمر الدال على أن المادة التي تكون الارض كانت في الاصل سائلة

(١) ثبت في علم الميكانيكا أولا - ان البندول الموضوع في أحد قطبي الارض ونقطة تعليقه على امتداد محور الدوران يظهر أنه يرسم دورة كاملة في يوم نجمي في جهة مضادة لحركة الارض وحيث أن مستوى الرجات غير متغير بداهة فالراصد الذي لم يشعر بحركة الارض ينسب حركته الخاصة لمستوى الرجات ثانيا - ان في خط الاستواء زوگان مستوى الرجات معدوم

ثالثا - ان في عرض محصور بين ٩٠ و ٠ فالزوگان الظاهري لمستوى الرجات الذي هو دائما في جهة القطب القريب منه يكون كبيرا كلما كان العرض كبيرا (وهو مناسب لجيب العرض)



فعندما كانت كتلة الارض في قديم الزمان سائلة وكان سطحها لم يجمد بالتبريد لا بد من أن يكون الجذب المشترك للعناصر قد شكل المجموعة بشكل كروي مضبوط هذا اذا لم تكن متأثرة بحركة دوران لكن حيث ان مثل هذه الحركة ينشأ عنها قوة مركزية طاردة تضاد قوة التماسك جزئيا فهذه القوة كانت تميل لابعاد العناصر عن المحور ويكون تأثير ذلك أعظم كلما كانت سرعتها أعظم أعني كلما كانت أقرب الى خط الاستواء ولم يتأت حصول التوازن الا من بعد



ش ٣٠

أن أخذت الكتلة شكل الجسم الناقصى المبسط عند قطبي الدوران وقد صارت نتائج هذه النظرية بديهية بالتجربة المنسوبة الى المعلم (بلاوت) (شكل ٣٠) وهي ان نقطة الزيت المعلقة في سائل متكون من مخلوط من الماء والكحول بحيث تكون كثافته ككثافة الزيت تأخذ الشكل الكروي متى تركت

ثابتة لكن بمجرد ما تعطى حركة دوران بواسطة صفيحة رقيقة معدنية مستوية ما برع مركز النقطة يشاهد أن الكرة يتغير شكلها وتؤول الى مجسم ناقصى يزداد تبسيطه كلما زادت سرعة الدوران فهذا هو الذي يجب ان يكون حصل للارض حينما كانت في حالة سيولتها الاصلية والشكل الذي أخذته حينئذ قد حفظته بالضرورة بعد تجمد سطحها وقد بقي تبسيط الارض شاهدا على التأثير الذي أحدثه الدوران في الاصل على شكلها ويؤيد وجود هذه الحركة في الاصل

٦٣ - دوران الارض وذنبه البندول من خط الاستواء الى القطبين - ومما يؤيد دوران الارض النظر الى الفرق الذي يرى في عدد درجات بندول ذي طول ثابت حينما ينقل ذلك البندول من عرض الى آخر فقد دلت التجربة على ان عدد درجات مثل هذا البندول في مسافة ثانية مثلاً يأخذ في الازدياد من خط الاستواء الى القطبين وهذا الازدياد يدل على تغيره مطابق في شدة التماسك وهو تغير ينسب لسببين مرتبطين بحركة دوران الارض السبب الاول هو شكل كرويتها المبسط الذي يجعل النقطة من السطح تقرب من مركز جذب الارض كلما كبر عرضها . وحيث ان القوة الجاذبة التي تنتج التماسك مناسبة لعكس مربع البعد فيجب حينئذ أن تأخذ في الازدياد من خط الاستواء الى القطبين أعني من أبعد النقطة عن المركز الى أقربها منه .

والسبب الثاني هو ان القوة المركزية الطاردة المتولدة من الدوران تزداد بازداد نصف قطر الموازي المرسوم (أي نصف قطر الدوران) وحيث انها تضاد جزئيا للقوة الجاذبة فنقص هذه الاخيرة يأخذ في الازدياد من القطب الى خط الاستواء

وبحساب تأثير هذين السبينين معا على حركة ذبذبة البندول يوجد ان عدد الراجات يجب أن يأخذ في الازدياد بزيادة العرض وذلك على حسب قانون معلوم قد حققته الارصاد

٦٣ - سرعة الدوران انقطة من السطح في عروض مختلفة - حيث ان حركة الدوران منتظمة ومشاركة بين جميع النقط الارضية فيسهل استنتاج السرعة التي تتحرك بها نقطة حيثما اتفق من السطح سواء كانت في خط الاستواء أو في عرض آخر

وذلك ان محيط خط الاستواء ٤٠٠٧٦٦٣٠ مترافبقسمة هذا العدد على ٨٦١٦٤ وهو مدة الدورة محولة الى ثوان (١) فخرج القسمة يكون هو سرعة النقطة في مدة ثانية ومقداره هو ٤٦٥ متر وفي عرض مصر مقدار السرعة هو ٤١٩ متر ومقداره في باريس هو ٣٠٥ متر

وقد قلنا أن القوة المركزية الطاردة الناشئة عن سرعة الدوران تضاد فعل التشاقل ولذلك تنقص شدته وثقل الجسم المقول من القطبين الى خط الاستواء ينقص في خط الاستواء نفسه بقدر جزء من ٢٨٩ من مقداره وهذا النقص منسوب لفعل القوة المركزية الطاردة فقط وهو نقص لا يقل عن ٣,٥ جرام في كل كيلو جرام الا قليلا

وقد حسبوا انه اذا كانت السرعة الزاوية لدوران الارض تصير قدر اصلها سبعة عشر مرة فان القوة المركزية الطاردة تنزن بالضبط مع ثقل الجسم في خط الاستواء ويصير ثقل الجسم فيه معدوما

٦٤ - الجو - تركيبه وثقله - تحاط الارض من جميع الجهات بغاز ضروري لوجودنا وعلى أي ارتفاع يرتقي اليه يوجد الهواء دائما لكن من المحقق أن هذا الهواء لا يمتد الى غير نهاية في الفراغ بل يكون حولنا طبقة تسمى جوا . ويتكون من الجو والكرة الارضية جسم واحد لانها تجذب اليها ويشترك معها في جميع حركاتها ويظهر ان تركيب الجو ثابت في جميع الاقطار وفي جميع الارتفاعات وهو مخلوط من الاكسجين والازوت بنسبة ٢٠,٨٠ حجم من الاكسجين الى ٧٩,٢٠ من الازوت ونسبة ثقل قدره ٢٣ جزءا من الاكسجين الى ٧٧ من الازوت ويحتوى خلاف ذلك على بخار الماء وأثر من حمض الكربونيك

وللجو جميع خواص الغازات . ومرونته وكثافته يتناقصان كلما ارتفع الانسان وذلك لان الهواء جسم ثقيل بكا في الغازات وعليه يجب أن تكون الطبقات السفلى أكثف وأكثر

(١) سي يرى فيما سياتي أن اليوم النجمي أقصر من اليوم الوسطى بقدر ٥٦,٣ وحيث ان عدد الثواني الموجودة في اليوم الوسطى هو ٨٦٤٠٠ ثانية فالحركة الدوالية تحصل في ٨٦١٦٤ فقط



انضغاطا من الطبقات العليا التي تحمل ثقلها او بالاقتراب من نهاية الجو يجب مقابلة طبقات خفيفة للغاية وقليلة المرونة جدا

وحارة الطبقات الجوية تنقص بقدر  $1^{\circ}$  في كل ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا من الارتفاع للغاية ٧٠٠٠ مترات تقريبا ويظن أن التناقص بعد هذا الارتفاع أقل من ذلك وان الطبقات الاخيرة ذات حرارة لا تنخفض عن  $60^{\circ}$

وأما ثقل الجو فيمكن تعيينه على وجه التقريب بالاعتبارات الآتية وهي ان الضغط الجوي يتزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا أو بعمود من الماء ارتفاعه ١٠٣٣٤ مترا وبناء عليه فالضغط الكلى على سطح الارض أعنى ثقل الجو يعادل ثقل عمود من الماء قاعدته سطح الارض وارتفاعه ١٠٣٣٤ مترا وبفرض ان نصف قطر الارض المساوى ٦٣٦٦١٩٨ مترا رمزه  $R$  فنقل الجو مقدرا بالطول ولا يتكون

$$P = 10334 \times \frac{4}{3} \pi R^2 = 52630000000000 \text{ تقريبا}$$

وهو يعادل ثقل ٥٨٥٠٠٠ مكعب من النحاس كل مكعب ضلعه كيلومتر واحد

٦٥ - الضوء المنتشر - وللجوى مزية أخرى مهمة للغاية هي أنه الواسطة في نور النهار قبل أن ترسل لنا الشمس أشعتها وذلك لان اجزاءه تعكس الاشعة الضوئية التي تسقط على سطحها في جميع الجهات سواء أتاها هذا الضوء من الشمس مباشرة أو من انعكاسات سابقة وهذا ما يسمى بالضوء المنتشرا والمتفرقا

فاذا لم يكن جوفان جميع النقط الارضية التي لا تكون مستضيئة بالشمس مباشرة والتي لا تلقى الاشعة التي تعكسها المادة الارضية تصير مغمورة في ظلمة تامة ولون السماء الازرق الذي هولون الهواء منظورا من سمك عظيم لا يرى وتصير السماء كالسواد ويمكن وقتئذ رؤية النجوم والسيارات وقت الظهر والاتقال من النهار الى الليل يحصل دفعة واحدة بمجرد غروب الشمس لا تدريجيا كما هو الحاصل كما ان النهار يحو ظلمات الليل بمجرد ظهور الشمس ثانية في الافق

٦٦ - ارتفاع الجو - اذا كان الجو متجانسا سهل حساب ارتفاعه وذلك انه لما كان أخف من الزئبق بقدر ١٠٤٦٠ مرة فان سمك طبقة الهواء التي تزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا تصير بداهة ١٠٤٦٠ × ٧٦ ر. أو ٧٠٥٠ مترات تقريبا ولكن ذلك انما هو نهاية صغرى لان كثافة الهواء تأخذ في النقص كلما ابتعد عن سطح الارض والحسابات التي أجراها المعلم (بيوت) المؤسسة على ارضاد غياوسال وغيره تعين للجو سمكا قدره ٨٠٠٠ مترا وهو تقريبا  $\frac{1}{13}$  من نصف قطر الارض





في الطبقة سـ سـ وأخيرا يزوغ في و ويتبع الاتجاه و داخل الطبقة سـ سـ بحيث ان الراصد الموجود في و يرى الشيء في الاتجاه ولـ وفي الحقيقة لا يتبع الضوء خطاً منكسراً بل خطاً منحنياً لان كثافة طبقات الهواء تأخذ في الازدياد بدرجة غير محسوسة والراصد يرى الشيء المضيء ل في اتجاه المماس في و نخط السير المنحني وصورة الكوكب أو وضعه الظاهري لا يدل حينئذ على وضعه الحقيقي وبالنسبة للراصد يكون الارتفاع الظاهري للكوكب فوق الأفق أكبر من الارتفاع الحقيقي وتلك هي الظاهرة المسماة بانكسار الجوّ وجميع الكواكب توجد في غير مواضعها وحيث ان الخطأ يكون أعظم كلما كانت الطبقات المقطوعة أكثر كثافة وأكثر ميلاً بالنسبة للأشعة الضوئية فلا يكون الانكسار واحداً للارتفاعات المختلفة وقد اشتغل بجملة مهندسين بمسئلة انكسار الجوّ وقد أوصلتهم أعمالهم الى انشاء جدول يؤدي الى درجة ضبط كافية وفيه مقادير الانكسار المتوسط لجميع الارتفاعات الظاهرية وهالك بعض الاعداد الموجودة بذلك الجدول

ارتفاع ظاهري	انكسار	ارتفاع ظاهري	انكسار
٥	—	٥	—
٠	٣٣ ٤٧,٩	٤٠	١ ٠٩,٤
٥	٩ ٥٤,٩	٦٠	٠ ٣٣,٧
١٠	٥ ٢٠,٠	٨٠	٠ ١٠,٣
٢٠	٢ ٣٨,٩	٩٠	٠ ...

فإذا كان الارتفاع الظاهري للكوكب ٤٠ مثلاً فيلزم أن يطرح من الارتفاع المرصود الانكسار المطابق أعني ٩ ٥٤,٩ ويكون مقدار الارتفاع الحقيقي ٣٩ ٥٨ ٥٠,٦

٦٩ - تأثير الانكسار - اذا كانت ظاهرة الانكسار تنقل الكواكب فلا يفوتنا انها لا تغير وضع المستوى الرأسى الذى توجد فيه هذه الكواكب مطلقاً وبناء على ذلك لا يمكن أن يغير الانكسار الزاوية السميتة للكوكب ولا لحظة مروره بمستوى الزوال ولا مظهره المستقيم واما الميل والبعد القطبى فهما اللذان يلزم تصحيحهما لانهم ما يتعلقان بارتفاع الكوكب وقت الزوال

٧٠ - تبطيط قرص الشمس الناشئ عن انكسار الجوّ - عندما توجد الشمس أو القمر في الافق يعترض الاشعة الضوئية التي تنبعث من الحافة السفلى انكساراً كثيراً يعترض التي تنبعث من الحافة العليا والاجزاء السفلى من القرص المضيء تكون حينئذ ممتلئة كثيرة وينتج من ذلك ان الكوكب الذي كان مبسطاً في نصفه العلوي سابقاً يكون مبسطاً أكثر في نصفه السفلي وهذه الظاهرة يسهل مشاهدتها في لحظة شروق وغروب القمر أو الشمس





## الباب الثالث

### الشمس والارض

## الفصل الأول

### الحركة السنوية الظاهرية

٧١ - الحركة التي تختص بها الشمس - لا يخفى أن النجمة الواحدة ترسم دائماً موازياً سماوياً واحداً وتشرق وتغرب على الدوام في نقطتين من الأفق لا تتغيران وتغتر بمستوى الزوال كل يوم على ارتفاع واحد في لحظة نجمية واحدة لكن إذا نظرنا إلى الشمس نجدها لا ترسم كذلك فأنها وإن كانت مشتركة في الحركة اليومية فتشرق من الشرق وتغتر بمستوى الزوال ثم تغرب في الغرب لكن نقط شروقها وغروبها تتغير في خلال سنة ويتغير ارتفاعها عند مرورها بمستوى الزوال ولحظة هذا المرور من يوم إلى آخر وبعبارة أخرى أن القوس اليومي الذي ترسمه فوق الأفق يتغير في الوضع والسعة من يوم إلى يوم

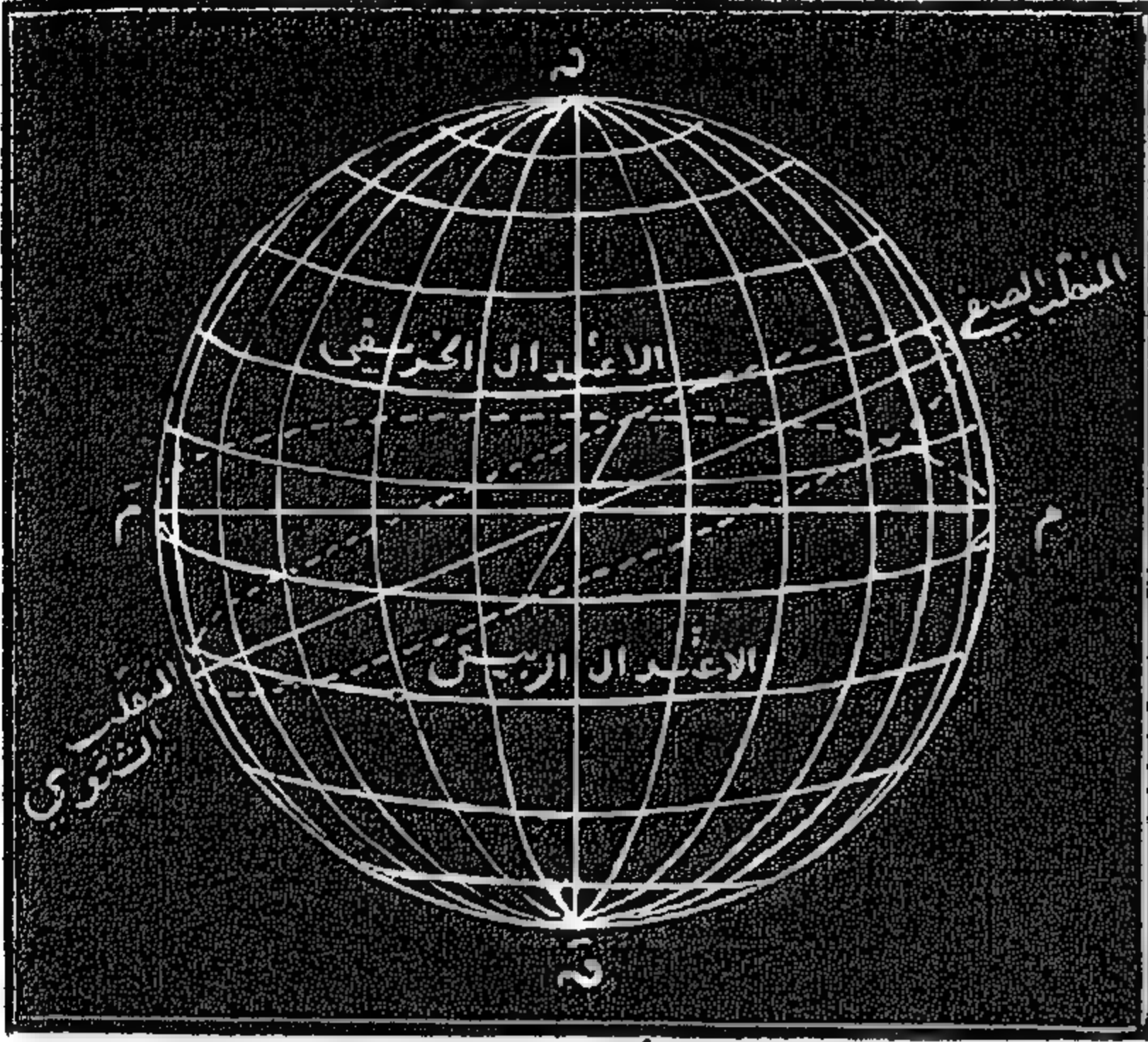
وهذه التغيرات المختلفة تنشأ عن الانتقال الظاهري للشمس على القبة السماوية وهي حركة حاصلة من الغرب إلى الشرق أعني في عكس جهة الحركة اليومية وهذه هي المسماة بالحركة الخاصة للشمس

٧٢ - انشال المدار الظاهري للشمس - يمكن تحقيق هذا الانتقال بتعيين الوضع الذي تشغله الشمس في كل يوم على القبة السماوية أعني قياس مطلعها المستقيم وميلها بواسطة النظارة الزوالية والبندول النجمي بالطرق التي تقدمت

والذي يعين هو المطالع المستقيم والميل لمركزها لأنهم ليست نقطة مضيئة كالنجوم بل قرصها يظهر على شكل دائرة وكيفية التعيين أن يرصد المرور ان المتتاليان لحافتيه الشرقية والغربية بالمحور البصري للنظارة ومتوسط زمني هذين المرورين يكون هو لحظة مرور مركزها بالمحور البصري المذكور وكذلك يقاس البعدان السمتيان لحافتيه العليا والسفلى ومتوسطهما يكون هو البعد السمتي للمركز وبالتبعية يتحصل الميل

ويسهل حينئذ تعليم النقط التي تشغلها الشمس في بجله أيام ولتسكن في مدة سنة كاملة على كرة سماوية صناعية

٧٣ - الدائرة الكسوفية - اذا وصلت النقط المتحصلة بهذه الكيفية مع بعضها



ش ٣٢

بخط مستمر ( شكل ٣٢ )  
يتحقق ان لهذا المنحنى شكل  
محيط دائرة عظيمة من الكرة  
مستويها مائل على مستوى  
دائرة المعدل بقدر  
( ٢٧ ٢٣ ) وهذا هو المدار  
الظاهر الذي ترسمه الشمس  
في مسافة سنة وستعرف فيما  
سيأتي أسباب تسميته بالدائرة  
الكسوفية

٧٤ - الاعتدالان والمنقلابان - الدائرة الكسوفية تقطع دائرة المعدل في نقطتين  
متقابلتين على قطر واحد تسميان نقطتي الاعتدال أو الاعتدالين وسميا بهذا الاسم لان الشمس  
عند ما تحل في هذين الوضعين المخصوصين في وقتين معلومين من السنة يكون الليل والنهار  
متساويين في جميع بقاع الارض

وميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل وهو ٢٧ ٢٣ يجعل الشمس تقطع نصف مدارها  
في نصف الكرة السماوية الشمالي والنصف الآخر في نصفها الجنوبي وميل الشمس الذي  
يكون معدوما في كل اعتدال يأخذ أولا في الازدياد ويصل نهاية عظمى ثم يتناقص بعد ذلك  
الى أن يعدم في الاعتدال الثاني

والوضعان اللذان فيهما يكون للشمس أعظم ارتفاع فوق مستوى دائرة المعدل يسميان  
منقلابين وفي أيام وجود الشمس في المنقلابين يظهر كأنها واقفة

٧٥ - السنة الانقلابية واليوم الشمسي - لنفرض انه ابتدئ بتعيين المطلع المستقيم  
والميل للشمس يوم كانت موجودة على دائرة المعدل أعني حين كانت في أحد الاعتدالين  
ثم انتظرت حتى تتم دورة كاملة على الدائرة الكسوفية بحيث توجد بالثاني في نقطة الاعتدال  
بعينها ففي هذه المدة يوجد أن الشمس قد مرت على مستوى الزوال ٣٦٥ مرة ومضى زيادة  
على ذلك ربع يوم تقريبا



فهذه هي مدة السنة الانقلابية التي تساوي ٣٦٥ يوما شمسيا وربع يوم واليوم الشمسي هو الزمن الذي يمضي بين مرورين متوالين للشمس بمستوى زوال واحد

والاعتدالان والمنقلابان تقسم مدة السنة الى أربعة فصول وهي الربيع والصيف والخريف والشتاء فالربيع الفلكي يتبدئ من لحظة دخول الشمس في نصف الكرة الشمالي والخريف يتبدئ من اللحظة التي فيها تمر الشمس من نصف الكرة الشمالي فتدخل في النصف الجنوبي

وليل لاحظ اننا لم نتكلم هنا على السنة واليوم الشمسي والفصول الا بنسبتها للحركة الخاصة للشمس ولكننا سنتكلم عليها فيما سيأتي بالتفصيل

٧٦ - السرعة الزاوية للشمس على مدارها - الحركة السنوية للشمس حاصلتها في مستوي يشتمل في آن واحد على مركز الشمس ومركز الارض أو مركز الكرة السماوية ويظهر أن مركز قرص الشمس يرسم في سنة دائرة عظيمة من الكرة على أن الشكل الحقيقي للمدار المقطوع ربما كان منحنيًا حيثما اتفق مرسومًا في مستوى الدائرة الكسوفية ويسقط امامنا على حسب دائرة من الكرة التصويرية التي يظهر أن جميع النجوم موضوعة عليها

ولاجل تعيين شكل هذا المدار يلزم معرفة الابعاد النسبية للارض عن الشمس في مدة السنة وسرعة الشمس في خلال هذه المدة

وسنبين فيما سيأتي كيفية تعيين السرعة الزاوية للشمس ولكن يمكننا هنا باعتبار تقريبي أن نقول ان الشمس من نصف نهار الى آخر تتقبل بأقل من درجة واحدة لان السنة تحتوي على ٣٦٥ يوما وربع يوم والدائرة تحتوي على ٣٦٠ بمعنى ان السرعة الزاوية للشمس في حركتها الخاصة السنوية تقل قليلا عن درجة في اليوم الشمسي

٧٧ - حركة الشمس ليست منتظمة - اذا بحثنا عن الحركة الخاصة للشمس جيدا فانا نرى ان سرعتها الظاهرية على المنحنى الذي ترسمه في مسافة سنة ليست منتظمة فبحاول يناير تصل هذه السرعة نهايتها العظمى التي لا تزيد عن ١٠ ١ ٩ تقريبا ومن أول يناير الى أول يوليه تنقص السرعة المذكورة وفي أول يوليه لا تزيد عن ١١ ٥٧ ثم في مدة باقي السنة تأخذ بالتأني مقادير متزايدة وفي أول يناير التالي تصل الى النهاية العظمى المذكورة

ومن ذا يتبين ان الحركة الخاصة للشمس على منحنى الدائرة الكسوفية ليست منتظمة لان اتقالاتها الزاوية في الازمنة المتساوية ليست متساوية

## الفصل الثاني

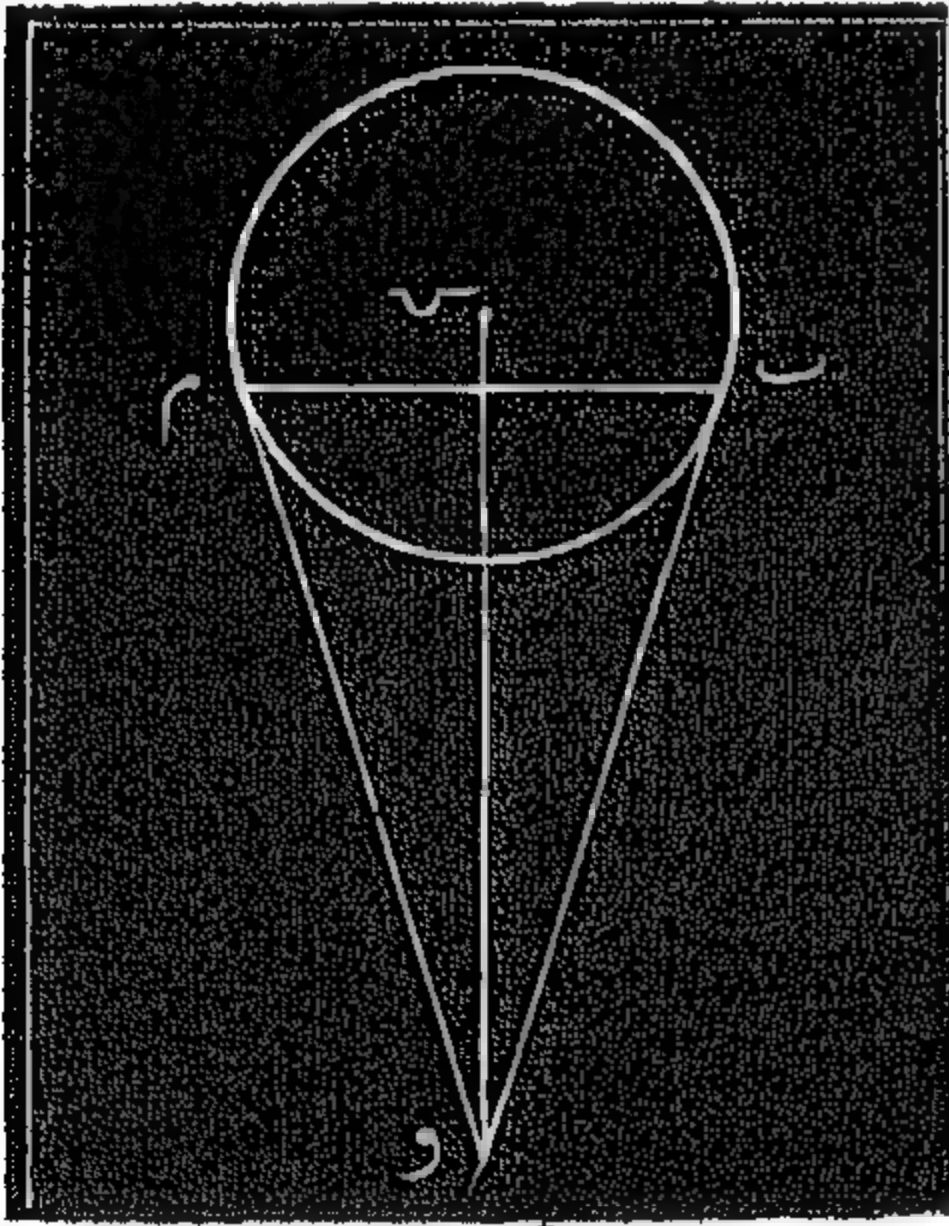
### القطر الظاهري للشمس - الحركة الناقصية

٧٨ - تعيين شكل مدار الشمس - تعيين الشكل الحقيقي لمدار الشمس يقتضى معرفة وضع مركزها على الدائرة الكسوفية في كل يوم من السنة وحينئذ يمكن أن يرسم في مستوى هذه الدائرة العظيمة بجهة مستقيمت تمر بالمركز تدل اتجاهاتها على الاوضاع المتتالية للشمس في مسافة سنة

فإذا كانت انصاف الاقطار المذكورة ذات طول واحد بمعنى ان بعد مركز الشمس عن مركز الارض غير متغير فان المدار الذي ترسمه الشمس يكون دائرة لكن في الحقيقة بعد الشمس عن الارض يتغير في مدة السنة

وذلك ان الشمس تظهر لنا على شكل قرص ذي ابعاد يمكن تقديرها فإذا كان بعدها عن الارض متغيرا فان الكبر الظاهري للقرص المذكور أو قطره يتغير كذلك فكلما بعدت عن الارض يظهر أن القطر المذكور ينقص وكلما قربت منها حصل العكس أعني ازدادت ابعاده الظاهرية

٧٩ - القطر الظاهري للشمس - تغيره - يسمى قطر ظاهري للكوكب الزاوية



ش ٣٣

الواقعة بين المماسين للحافتين المتقابلتين من قرصه المارين بعين الراصد. مثلا إذا كان س (شكل ٣٣) وضع الشمس و و وضع الراصد فالزاوية الواقعة بين و م و و هي القطر الظاهري للشمس وسبب هذه التسمية انه لعظم البعد و س يكاد المستقيم الواصل بين نقطتي التماس وهو م ب أن يتحد بقطر الكوكب وحينئذ تكون زاوية المماسين هي الزاوية التي يرى الراصد قطر الشمس عليها

ولقياس هذه الزاوية تستعمل الدائرة الحائطية وبها يؤخذ البعدان السمتيان للحافتين العليا والسفلى في لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال وليكن د و د هما هذان البعدان مصلحين من الانكسار وليكن ب و نصف قطر شعرة النظارة التي نقرضها مماسة من الداخل في الرصد المنسوب للحافة العليا ومن الخارج في الرصد الثاني وحينئذ يكون المقداران



الحقيقيان للبعدين السمتيين هما  $\delta - \nu$  و  $\delta - \nu$  اللذين فرقهما وهو  $\delta - \nu$  هو القطر الظاهري للشمس

وباستعمال النظارة الزوالية نعلم على بندول نجمي لحظة تماس الحافة الغربية للقرص بالشعرة الرأسية للنظارة ثم لحظة تماس الحافة الشرقية بها ففرق الزمنين يكون هو الزمن المستعمل لمرور القطر الافقي بمستوى الزوال ويحول هذا الزمن الى أجزاء الدرجة تعلم الزاوية التي عليها يرى القطر الافقي والارض اذا التي أجريت في يوم واحد بكل من الدائرة الحائطية والنظارة الزوالية أعطت مقادير واحدة للقطرين الرأسى والافقى واستنتج من ذلك استدارة قرص الشمس والآلة الخاصة بقياس القطر الظاهري هي المسماة بالهليومتر

وقد وجد أن القطر الظاهري لا يحفظ مقداراً واحداً في الأزمنة المختلفة من الحركة فيصل نهايته العظمى في ٣١ ديسمبر ونهايته الصغرى في أول يولييه تقريباً ومقداره المطابق لأول يناير هو ٣٦٤٦٠٣٢ وفي الوقت الثاني المطابق الى ٢٩ يولييه هو ٣٢٠٤٠٣١ فيتناقص من ٣١ ديسمبر الى أول يولييه ثم يتزايد بعد ذلك من أول يولييه الى ٣١ ديسمبر والمقدار المتوسط للقطر الظاهري للشمس هو ٣٢٠٤٠٣٢

٨٠ - الحضيض والابوج - ينتج من هذه الاقيسة أن بعد الشمس عن الارض يتغير مدة جميع السنة ويكون مقداره في الشتاء أصغر من مقداره في الصيف في أول يناير تقريباً يأخذ نهايته الصغرى وفي أول يولييه يصل نهايته العظمى (١)

فالنقطة من المدار التي تكون فيها الشمس في أقرب بعد من الارض تسمى الحضيض والنقطة التي تكون فيها في أبعد بعد تسمى الابوج وحيث أن الارض في الحقيقة هي التي تدور حول الشمس فيقال انها في الرأس أو في الذنب في هذين الوقتين

٨١ - الشكل الناقصى لمدار الشمس - حيث ان الشمس في حركتها السنوية توجد على ابعاد من الارض متغيرة بلا انقطاع يلزم من ذلك أن مدارها غير مستدير وبقياس القطر الظاهري للشمس يوماً بعد يوم يعلم شكل المدار المذكور

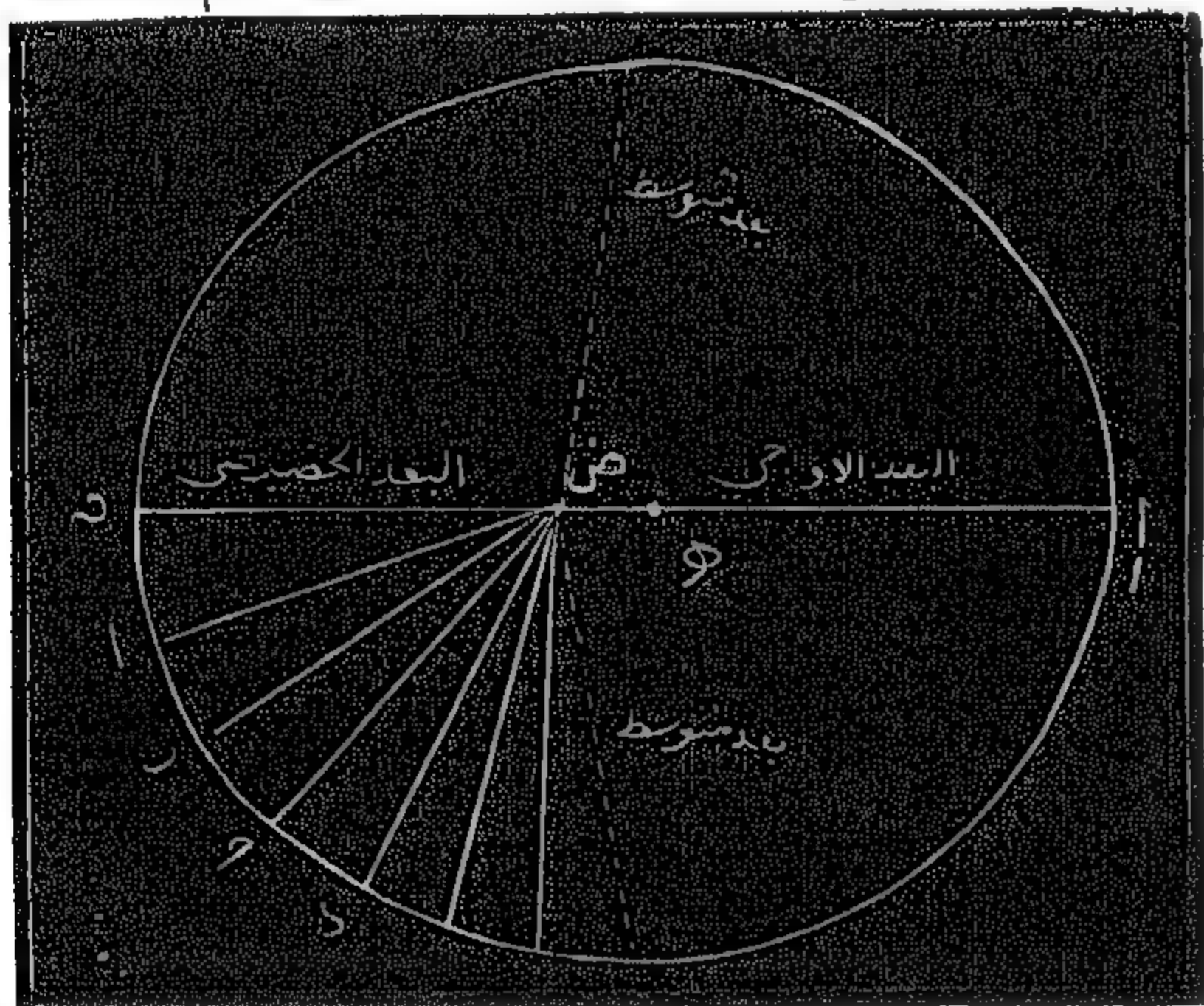
ولاجل ذلك نفرض نقطة في مستوئعتبره مستوى الدائرة الكسوفية ونعلم من هذه النقطة جملة انصاف أقطار تدل على الاتجاهات التي توجد فيها الشمس على التعاقب على مدارها

(١) بما أن هذين الوقتين هما عين الوقتين المطابقين للنهاية العظمى والنهاية الصغرى للسرعة يرى ان السرعة مناسبة لعكس البعد وسنأتى بيان هذا القانون

ونأخذ عليها الأبعاد  $ص$  و  $صا$  و  $صب$  و  $صج$  ... مناسبة لأبعاد الشمس عن الأرض وبوصل نهايات انصاف الاقطار المذكورة بنقط مستقيمة تحصل على منحنى مشابه للذي ترسمه الشمس في مدارها السنوي (شكل ٣٤) والابعاد النسبية  $ص$  و  $صا$  و  $صب$  و  $صج$  ... تستخرج من المقادير المتعاقبة للقطر الظاهري للشمس التي هي مناسبة لها عكسا (١)

وباختبار المنحنى المرسوم بهذه الكيفية يعلم انه قطع ناقص تشغل الأرض إحدى بؤرتيه وان البعدين المطابقين للخصيخ والاوج وهما  $ص$  و  $صا$  يكونان محورهما الأكبر

٨٢ - البعدان المطابقان للخصيخ والاوج - اختلاف المركز - قد عرفنا فيما سبق ان مقدار القطر الظاهري في أول يناير هو ١٩٥٥,٦ الذي هو وقت الخصيخ وأنه في أول يولييه الذي هو وقت الاوج هو ١٨٩١ فالنسبة بين البعدين  $ص$  و  $صا$  تكون



ش ٣٤

مبينه بالمقدار (شكل ٣٤)

$$\frac{ص}{صا} = \frac{١٨٩١٠}{١٩٥٥٦}$$

ويجعل نصف المحور الأكبر وحده أعني البعد المتوسط للشمس عن الأرض يوجد

$$\text{بعد الخصيخ} = ٠,٩٨٣٢$$

$$\text{بعد الاوج} = ١,٠١٦٨$$

$$\text{بعد متوسط} = ١,٠٠٠٠$$

ولاجل معرفة شكل قطع ناقص الشمس بالتمام يلزم حساب اختلاف مركزه وهو النسبة بين بعد بؤرتيه عن مركزه وبين نصف محوره الأكبر فاذا رمز لهذه النسبة بالحرف  $ف$  يكون

$$\frac{ص}{صا} = ف \quad \text{ومنه} \quad ص = هـ \times ف$$

(١) لاجل البرهان على أن ابعاد الشمس عن الأرض تناسب عكسا لإقطار الظاهرية نقول حيث أن الزاوية و (شكل ٣٣) صغيرة جدا فيمكن اعتبار الوتر والقطر من منطبقا على القوس المرسوم بجعل  $و$  مركزا ونصف قطر  $= و$  وحينئذ اذا رمز بالحرف  $ف$  لدرج الزاوية أو القوس المطابق لبعده  $و$  فطول هذا القوس يكون مبينا بالمقدار  $م = \frac{ط}{١٨٠}$  ولقد اراد آخر  $و$  للقطر الظاهري المطابق لبعده آخر  $و$  يوجد  $م = \frac{ط}{١٨٠}$  ويكون  $و = و$  وهذا ما أردنا بيانه



وبفرض ان  $\odot$  و  $\odot$  رمز للقطرين الظاهرين للشمس في الحضيض والاوج يحدث

$$\frac{\odot}{\odot} = \frac{\text{صه} \text{ ا}}{\text{صه} \text{ و}}$$

ولكن

$$\text{صه} \text{ ا} = \text{ا ه} + \text{ه صه} \text{ و } \text{صه} \text{ و} = \text{ا ه} - \text{ه صه}$$

وبالتعويض يحدث

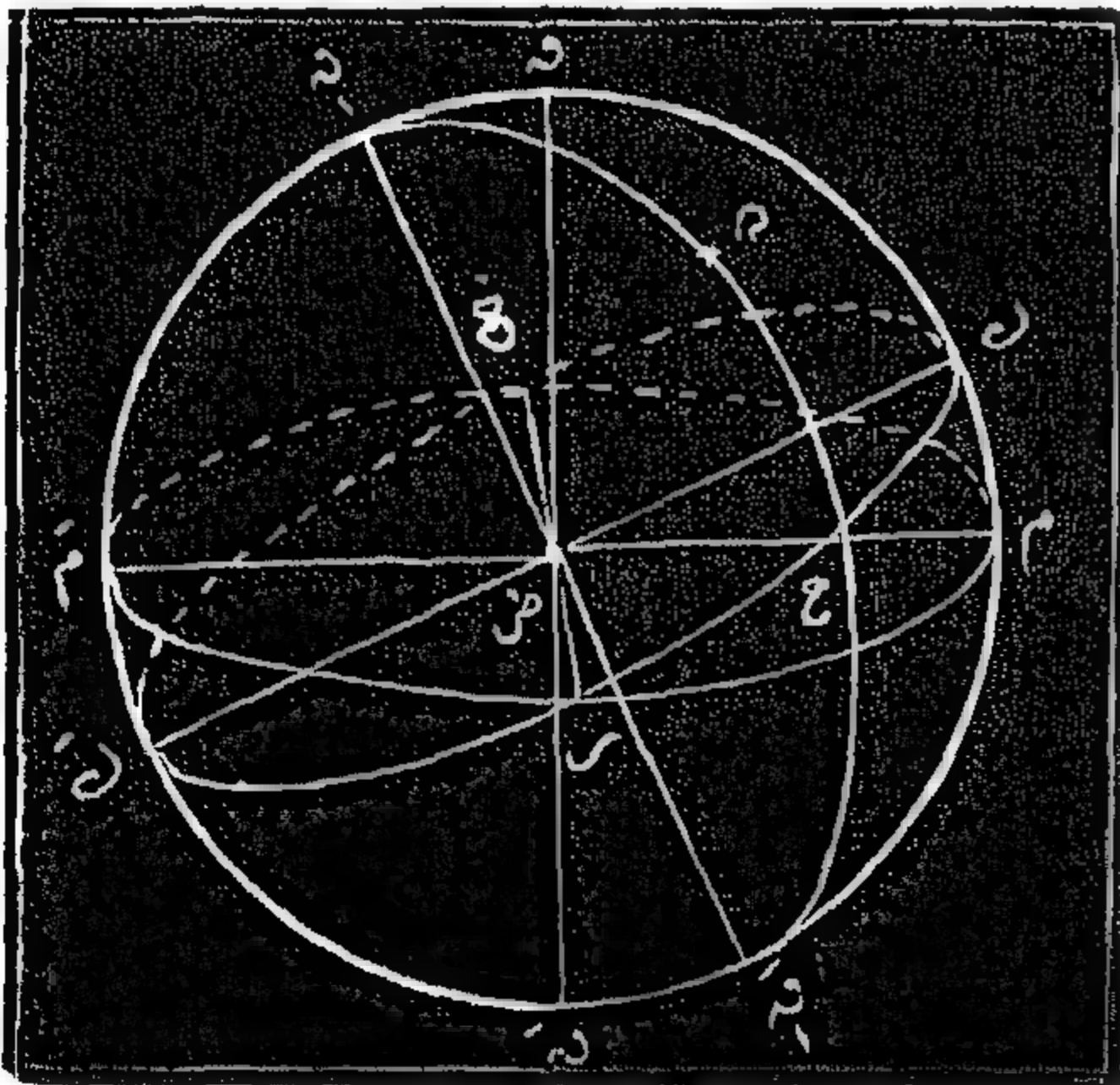
$$\text{صه} \text{ ا} = \text{ا ه} (1 + \text{ن}) \text{ و } \text{صه} \text{ و} = \text{ا ه} (1 - \text{ن})$$

ومنه

$$\frac{\odot - \odot}{\odot + \odot} = \text{ن} \text{ أو } \frac{\odot + 1}{\odot - 1} = \frac{\odot}{\odot}$$

وبناء على الاعداد السابقة يكون مقدار اختلاف مركز مدار الشمس مساويا للكسر ١٦٨٠٠ الذي لا يختلف كثيرا عن  $\frac{1}{4}$  وحينئذ فزيادة بعد الاوج عن البعد المتوسط أو زيادة البعد المتوسط عن بعد الحضيض هي جزء من ٦٠ من البعد المتوسط وبعبارة أخرى أن بعد الاوج يزيد عن بعد الحضيض بقدر جزء من ٦٠ من المحور الاكبر بتمامه

٨٣ - الاحداثيات الكسوفية - الطول والعرض السماويان - قد استعملت المطالع المستقيمة والميل لمركز الشمس لتعيين المدار الظاهري الذي ترسمه على الكرة السماوية في مدة سنة ولكن حيث ان هذا المدار موضوع بأ كره في مستوي له على دائرة المعدل غير متغير (١)



ش ٣٥

قد ظهر أن الأبسط ان ينسب وضع الشمس وجميع النقاط المشهورة من مدارها لمستوى الدائرة الكسوفية نفسه بان تعوض المطالع المستقيمة والميل باحداثيات أخرى تحسب على الدائرة الكسوفية وعلى دائرة عظيمة عمودية على مستوى الدائرة الكسوفية (شكل ٣٥)

وليكن م م دائرة المعدل و ل ذلك الدائرة الكسوفية و ن نقطة من

(١) هذا الميل يتغير لكن ببطء جدا وفي حدود ضيقة كما حسب ذلك الفلكيون بالدقة

الكرة السماوية فالمستويان م م و ل ك يتقاطعان في خط يمر ضرورة بالاعتدالين  
و غ فنقطة الاعتدال الربيعي ه هي المستعملة مبدأ مشتركاً للنوعين من الاحداثيات  
كما انها مبدأ اليوم النجمي كما تقدم

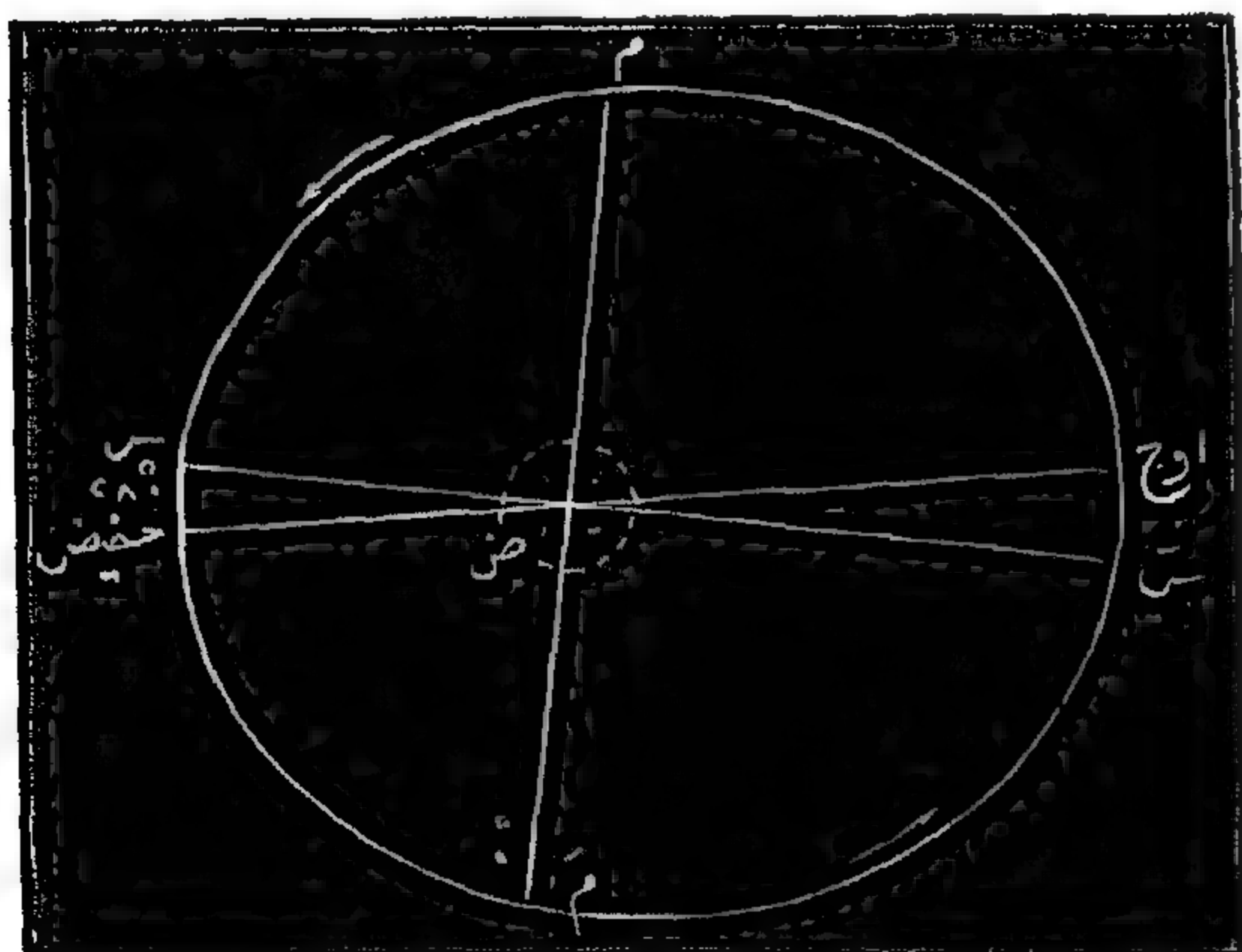
ثم توهم من المركز ص للكرة السماوية خطاً عمودياً على مستوى مدار الشمس فالنقطتان  
ب و ب' اللتان يقابل الكرة السماوية فيهما هما قطبا الدائرة الكسوفية والخط ب ب'  
هو محورها

اذا تقرّر هذا فوضع نجمة مثل ه يتعين اذا علم أولاً القوس ه ح المقيس على دائرة تمر  
بالنجمة وبقطبي الدائرة الكسوفية مقداراً بدرج ودقائق وثوان وهو المسمى عرض النجمة  
وثانياً القوس ه ح المحصور بين نقطة الاعتدال ه والدائرة التي يقاس العرض عليها  
ويسمى طول النجمة وتحسب الأطوال من ٠ الى ٣٦٠ من الغرب الى الشرق والعروض  
من ٠ الى ٩٠ شمالية كانت أو جنوبية

ومتى علم المطلع المستقيم والميل النجمة يمكن بواسطة حساب المثلثات حساب طول النجمة

٨٤ - طول وعرض الشمس - حيث ان مركز الشمس دائماً في مستوى الدائرة  
الكسوفية لان هذا المركز هو الذي يرسم مدار الشمس يكون عرض الشمس معدوماً على الدوام  
وأما طولها فانه يمر بجميع المقادير من ٠ وذلك حينما تكون في نقطة الاعتدال الربيعي  
لغاية ٣٦٠ وحينئذ تكون السنة الفلكية قد انتهت وتبتدى الشمس حركتها بالثاني  
في الطول

٨٥ - خط الرأس - بعرفة هذه الطريقة الجديدة التي بها يعين وضع الشمس في النقط



ش ٣٦

المختلفة من مدارها يمكن تقيم  
الكلام الذي يختص بعنق  
المدار المذكور (شكل ٣٦)  
نوضع المحور الأكبر وخط  
الرأس يتعين بدهة اذا علم طول  
الخصيض ولقد دلت الارصاد  
على ان مقدار هذا الطول ٢٨٠  
بمعنى ان خط الاعتدالين م م  
يصنع مع المحور الأكبر للمدار

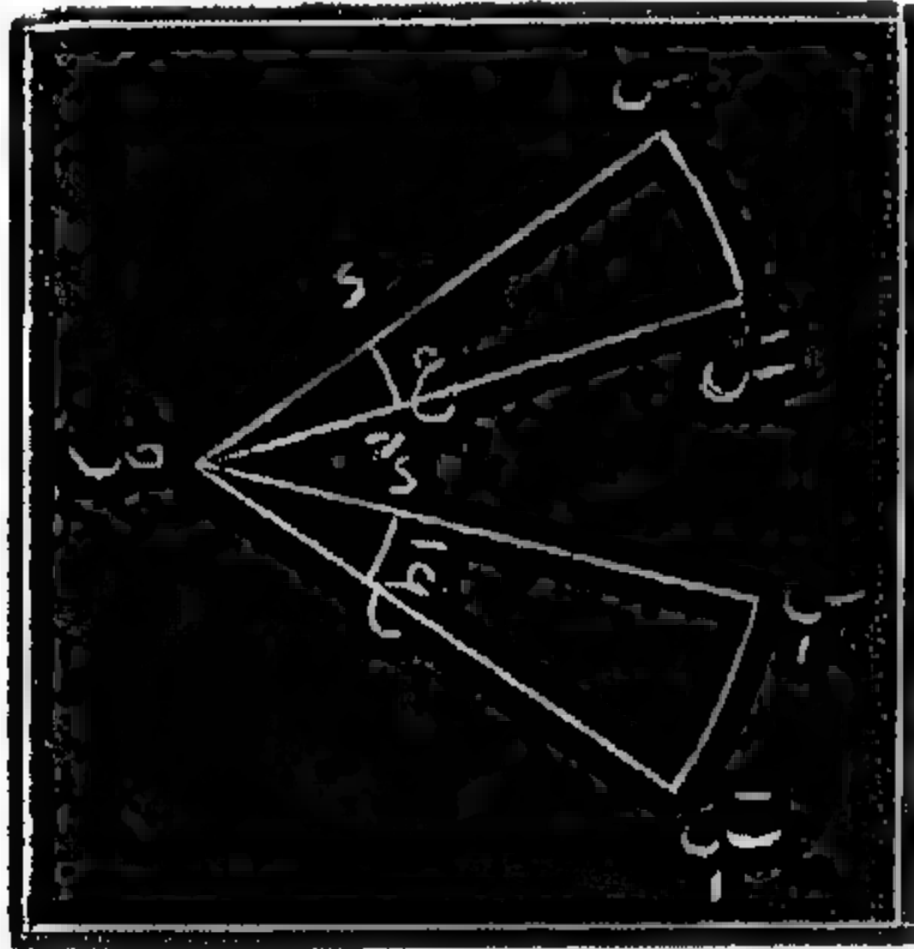


زاوية قدرها  $٨^\circ$  تقريبا وأما خط المنقلين الذي اتجاهاه عمود على خط الاعتدالين فإنه بناء على ذلك يصنع مع المحور الاكبر المذكور زاوية تتحصرين  $٩^\circ$  و  $١٠^\circ$  وسنذكر قريبا كيفية حساب لحظة الاعتدال بالضبط وتوجد العناصر الاصلية لمدار الشمس حينئذ معينة بالضبط

٨٦ - قانون المسايح - قد تقدم أن الحركة الخاصة للشمس على مدارها الناقصي ليست منتظمة أعني أن الاقواس التي يقطعها من كزها في أزمنة متساوية ليست متساوية

والمعلم كبلير بحساب أطوال الاقواس التي مثل  $ا$  و  $اب$  و  $ب$  و  $ج$  و  $...$  (شكل ٣٤) المرسومة في مسافات زمنية متساوية بمرکز الشمس على مدارها الناقصي ومقارنتها ببعضها علم أن المساحات المحصورة بين انصاف الاقطار البورية المتتالية  $صه$  و  $صا$  و  $صب$  و  $...$  متساوية

وذلك لان السرعة الزاوية مناسبة طردا لمربعات الاقطار الظاهرية وعكسا لمربعات الابعاد المطابقة بمعنى انه اذا رمز بالحرفين  $ع$  و  $ع'$  لسرعتين زاويتين وبالحرفين  $د$  و  $د'$  للبعدين المطابقين للشمس عن الارض يحدث  $ع د = ع' د'$  وحينئذ اذا فرض أن  $صه$  (شكل ٣٧) هي الارض و  $سه$  القوس الذي ترسمه الشمس في يوم نجمي حينما تكون



ش ٣٧

سرعتها الزاوية  $ع$  وبعدها عن الارض  $د$  وان  $سه$  القوس المرسوم حينما تكون السرعة  $ع'$  والبعده  $د'$  فيمكن اعتبار القوسين  $سه$  و  $سه'$  دائريين وان بعدا الشمس عن الارض يكاد ان لا يتغير مدة يوم نجمي و نرسم بالحرفين  $ا$  و  $ا'$  لمساحتي القطاعين الدائريين  $سه$  و  $سه'$  و  $صه$  و  $صه'$  فيحصل بناء على قانون معلوم

$$\frac{سه \cdot ع \cdot د}{٣٦٠} = ١ \quad \text{و} \quad \frac{سه' \cdot ع' \cdot د'}{٣٦٠} = ١$$

وحيث أن

$$ع د = ع' د' \quad \text{يحدث} \quad ا = ا'$$

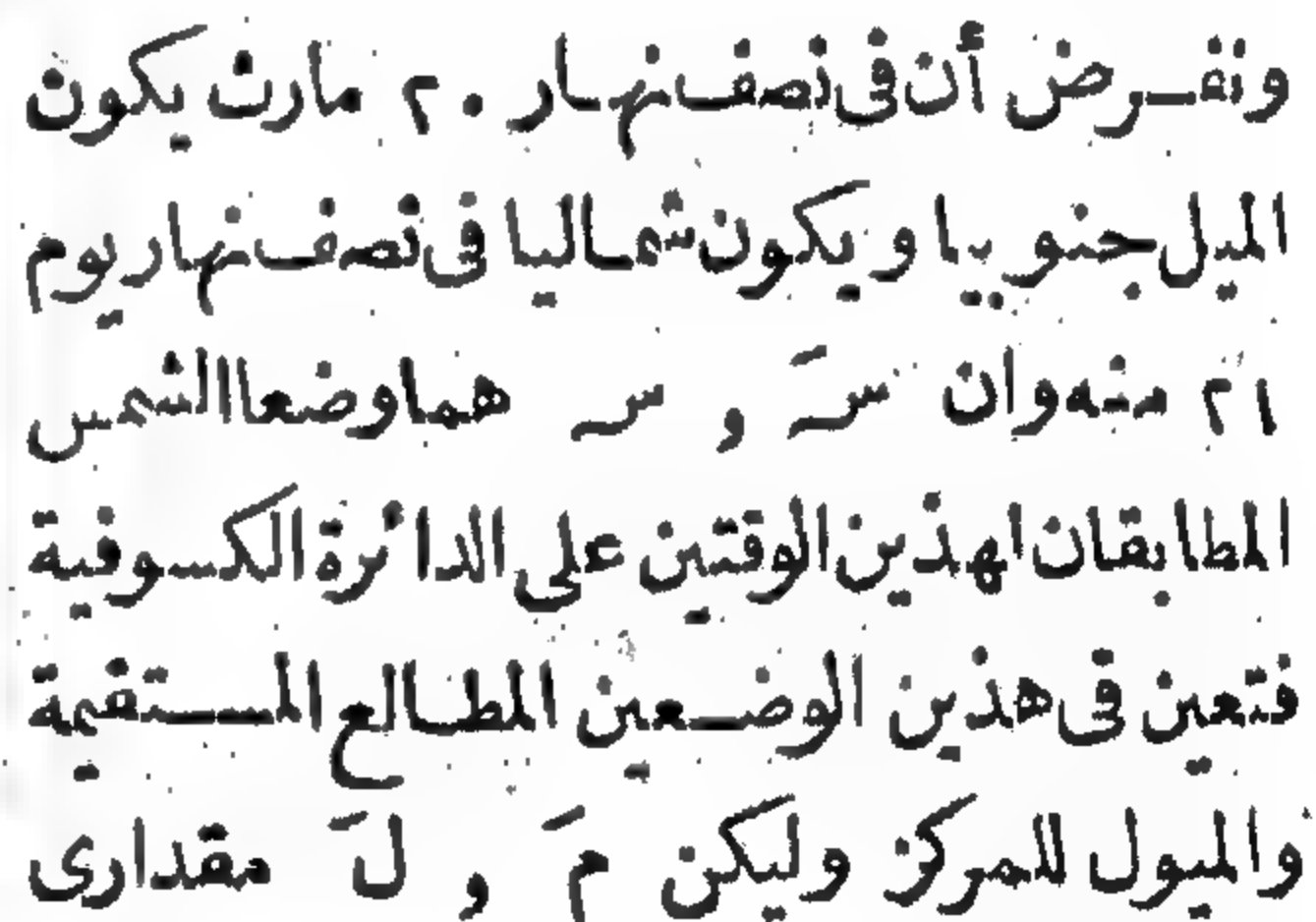
وهو المطلوب

قياس الزمن - السنة الانقلاية

٨٧ - تعريف السنة الانقلابية - السنة الانقلابية هي كما سبق المسافة الزمنية التي تقضي بين مرورين للشمس متتاليين بنقطة اعتدال واحدة كالاعتدال الربيعي وفي مدة السنة الانقلابية تكرر الشمس ٣٦٥ مرة بمستوى الزوال وتسبغ غرق زيادة على ذلك ربع يوم تقريبا

وحيث أن معرفة مدة السنة الانقلاية بالضبط يلزم معرفة حساب لحظة الاعتدال بالاقعة أعني  
اللحظة التي فيها يمر مركز الشمس بمستوى دائرة المعدل وهي لحظة ينعدم فيها ميل الشمس

٨٨ - تعيين نقطة الاعتدال - مدة السنة الانقلايية - لاجل تثبيت وضع  
المستقيم  $\gamma$   $\chi$  يكفي تعيين المطالع المستقيمة للنقطتين  $\gamma$  و  $\chi$  وليكن  $m$  دائرة  
المعدل و  $l$  الدائرة الكسوفية ونقطة و مبدأ المطالع المستقيمة (شكل ٣٨)



الاحد اشين و د و سه د للوضع سه و م و ل مقدارهم ما و د و سه د  
للوضع سه فلصغر المثلثين سه د و سه د الكرويين يمكن اعتبارهما مستقيمي  
الاضلاع وليكونهما متشابهين يحدث بعد الرمن للبعد و بالحرف سه

$$\frac{m + m}{l + l} = s \quad \text{ومنه} \quad \frac{l}{l} = \frac{m - m}{s - s}$$

وبهذا القانون يتعين المطلع المستقيم لنقطة  $\gamma$  وبالطريقة عينها يتعين المطلع المستقيم للنقطة الأخرى  $\chi$  وييسر الحساب ان الفرق بين مطلعيهما المستقيمين هو  $١٨٠$  وذلك مما يؤكده نتائج التخطيط الرسمي

٨٩ - تعيين لحظة الاعتدال - لاجل تعيين لحظة الاعتدال نفرض ان  $\gamma$  و  $\chi$  هما اللحظتان المضبوطتان لمرور الشمس بالوضعين  $\gamma$  و  $\chi$  اللذين يكون الميلان فيهما على التناظر -  $\gamma$  و  $\chi$  - فحيث ان الزمن الذي يمضي بين الرصدين قصير يمكن اعتبار حركة الشمس منتظمة في طرف هذه المدة ثم يقال حيث ان ميل الشمس في الزمن  $\gamma$  -  $\chi$  قد تغير بقدر  $\gamma$  -  $\chi$  فالزمن اللازم لان يكون التغير مساويا الى  $\gamma$  -  $\chi$  أعني لان يصير الميل معدوما يستخرج مقداره من هذه المتساوية

$$\frac{\gamma - \chi}{\gamma + \chi} = \frac{\gamma - \chi}{\gamma + \chi} \quad \text{ومنه} \quad \frac{\gamma}{\gamma + \chi} = \frac{\gamma - \chi}{\gamma + \chi}$$

فاذا ضم هذا الزمن الى  $\gamma$  تحصلت اللحظة المضبوطة لمرور الشمس بنقطة الاعتدال الربيعي (١)

فاذا اجريت عملية مثل هذه في السنة التالية تحصل كذلك على لحظة اعتدال جديدة ومن ذا تستخرج مدة السنة الانقلاية

وحيث ان الارصاد لا تخلو عن خطأ فلا يأتى معه الضبط السلكى ولكن يمكن تقليل هذا الخطأ جدا باجراء ارصاد في مدد طويلة كفى مسافة قرن وقسمة الناتج على ١٠٠ ولحظة مرور نقطة  $\gamma$  بمستوى الزوال قد اتخذها الفلكيون مبدأ اليوم النجمي أيضا ولما كانت هذه النقطة غير منظورة في السماء قد اجريت الكيفية الآتية لتثبيت مبدأ اليوم النجمي

(١) مثلاً اذا فرضنا ان في ٢٠ مارس سنة ١٨٢٥ في نصف النهار كان ميل مركز الشمس  $٢٨^\circ ٩'$  جنوبيا وفي ٢١ مارس في نصف النهار أيضا كان ميلها  $١٨^\circ ١٤'$  شماليا فتكون الشمس قد مرت من نصف الكرة الجنوبي الى نصف الكرة الشمالي فيما بين هذين الرصدين ويمكن أن يفرض انه في هذه المسافة الزمنية تغير ميل الشمس بكميات متساوية في أزمنة متساوية وفي ٢٤ ساعة شمسية قد تغير هذا الميل بقدر  $٢٣^\circ ٤٦'$   $(٢٨^\circ ٩' + ١٨^\circ ١٤')$  ولجل أن يتغير فقط بقدر  $٢٨^\circ ٩'$  تلزم مدته زمنا  $\gamma$  تستخرج من التناسب  $\frac{٢٨^\circ ٩'}{٢٣^\circ ٤٦'} = \frac{\gamma}{٢٤}$  ومنه  $\gamma = \frac{٢٣^\circ ٤٦' \times ٢٤}{٢٨^\circ ٩'}$  أعني بعد الرصد الاول بقدر  $٣٣^\circ ٣٤'$   $\gamma$  يصير ميل الشمس الذي كان  $٢٨^\circ ٩'$  جنوبيا معدوما أعني في ٢٠ مارس الساعة  $٣٣^\circ ٣٤'$  مساء تمر الشمس بالاعتدال الربيعي

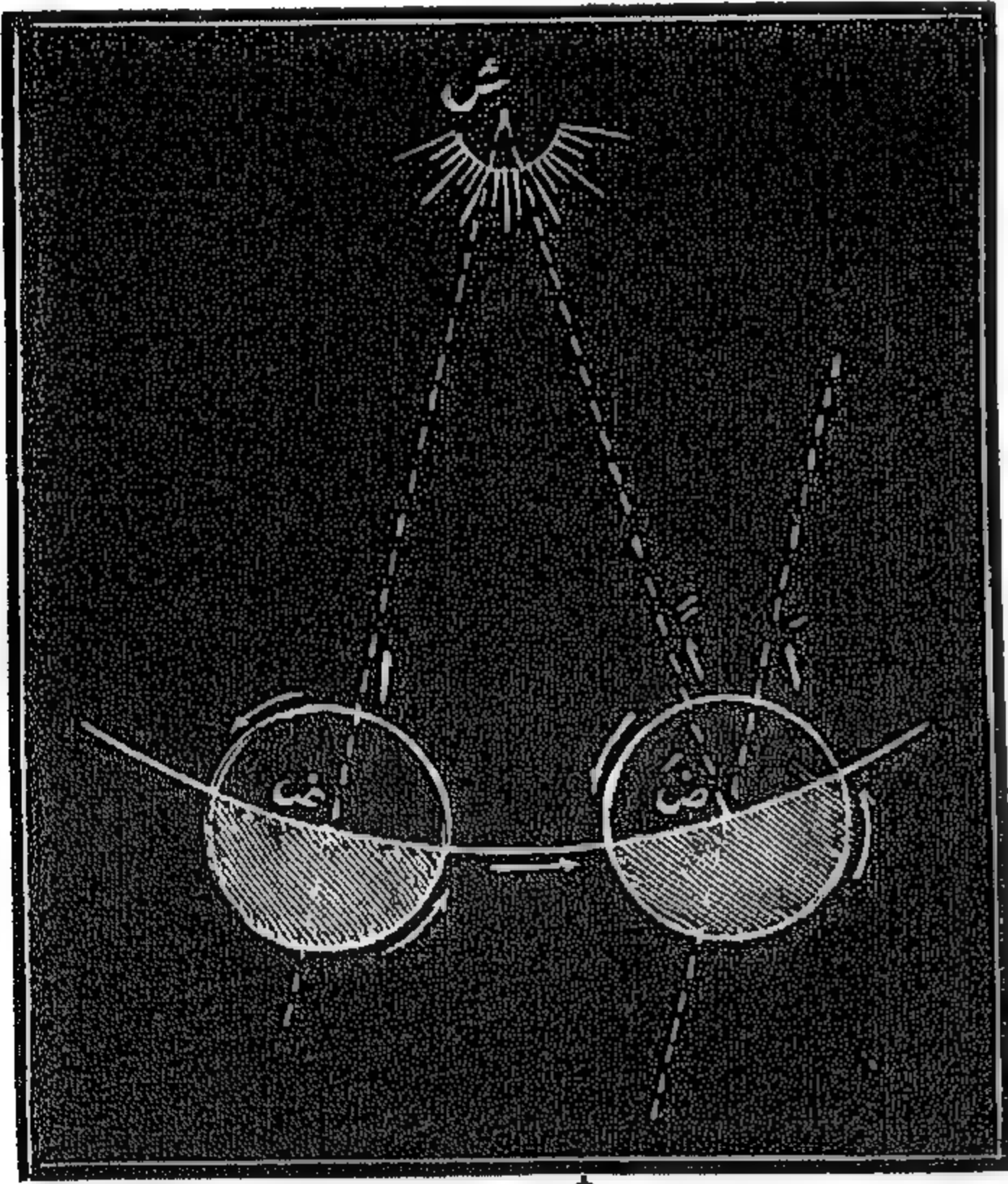


وهي ان النجمة ١ من صورة المراة المسلسلة تمر بمستوى الزوال بعد نقطة س بقدر  
٤٠,٧٥ ث ب وحينئذ يكفي جعل البندول النجمي مبينا ٤٠,٧٥ ث ب في لحظة مرور  
النجمة ١ من المراة المسلسلة بمستوى الزوال لكي يتحقق من انه كان مبينا ب ب س  
في لحظة مرور نقطة س به وحينئذ نقطة الاعتدال الخريف في مستوى الزوال بين البندول  
النجمي ١٢

وحيث مقدار السنة الانقلابية بأيام نجمية هو ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما أعني ٣٦٦ يوم  
و ٥ و ٤٨ و ٤٧,٥٥٥ ث و تتم الارض في مدة سنة انقلابية دورات عددها ٣٦٦ دوره  
وربع تقريبا على اتنا قد رأينا ان الشمس لا تمر بمستوى الزوال في نفس هذه المدة سوى  
٣٦٥ مرة وحينئذ تزيد مدة اليوم الشمسي عن اليوم النجمي

٩٠ - مدة اليوم النجمي لا تساوي مدة اليوم الشمسي - يتضح ذلك من طبيعة الحركة  
الاتقالية للارض حول الشمس أو من الحركة الخاصة للشمس

ولنعبر الارض في الوضعين المتتاليين ص و ص' (شكل ٣٩) اللذين تشغلهما واحد



بعد الآخر على مدارها في مسافة يوم  
نجمي بالضبط أو في مسافة دورة كاملة لها  
ونفرض ان في ص تمر الشمس بمستوى  
زوال معلوم ص' وان مركزها ينطبق  
في أثناء هذا المرور على نجمة ما في ظرف  
يوم نجمي ينتقل مستوى الزوال ص' أ  
بعد دورة كاملة ويصير موازيا الى اتجاهه  
الاصلي أعني يأخذ الاتجاه ص' أ وتمر  
النجمة بعينها مرة ثانية به لكن لا يحصل  
ذلك بالنسبة للشمس أعني انها لا تمر به  
في لحظة مرور النجمة وذلك لان الارض

ش ٣٩

قد قطعت القوس ص ص' من مدارها في هذه المدة والخط الذي كان واصلا من مركزها  
الى مركز الشمس لا ينطبق على مستوى الزوال بل يصنع معه زاوية أ ص' أ تساوي  
الزاوية التي تقدر القوس ص ص' فلاجل أن تمر الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال  
يلزم حينئذ أن الارض بعد دورتها الكاملة تدور أيضا بمقدار الزاوية أ ص' أ

ومتى ارتسم هذا القوس الجديد تمر الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال ويكون قد انقضى يوم شمسي

وهذا هو سبب عدم تساوي بين مدة اليوم الشمسي واليوم النجمي الذي أسلفناه

٩١ - عدد الايام النجمية والشمسية للسنة الانقلاية - لكل دورة من الدورات المتتالية للارض يتأخر مرور الشمس بمستوى الزوال وتجمع هذه التأخرات من يوم الى اخر ويقاس هذا التأخر دائماً بزاوية سمعتها كسعة الزاوية التي ترسمها الارض على مدارها ومن ثم متى أتمت الارض دورتها الاتقالية أعني رسمت حول الشمس قوساً مقداره  $360^\circ$  فان تأخر مرور الشمس بمستوى الزوال يقاس بقوس قدره  $360^\circ$  أعني بدورة كاملة وبعبارة اخرى تكون الشمس قد مرت بمستوى الزوال مرات عددها أقل من عدد مرات مرور النجمة التي كانت الشمس منطبقة عليها في نقطة الاصل بمستوى الزوال المذكور

وحينئذ يحدث يوم نجمي في السنة زيادة عما يوجد فيها من الايام الشمسية

٩٢ - عدم تساوي الايام الشمسية - أسبابه - يستعمل الفلكيون في ارضادهم اليوم النجمي وحدة للزمن وذلك لانتظام الحركة الدورانية للارض وتساوي الايام النجمية ويستعملون اليوم الشمسي في غيرها لان استعمال اليوم النجمي الذي لا يطابق الظواهر المحسوسة لا يوافق عوائد العيشة المدنية

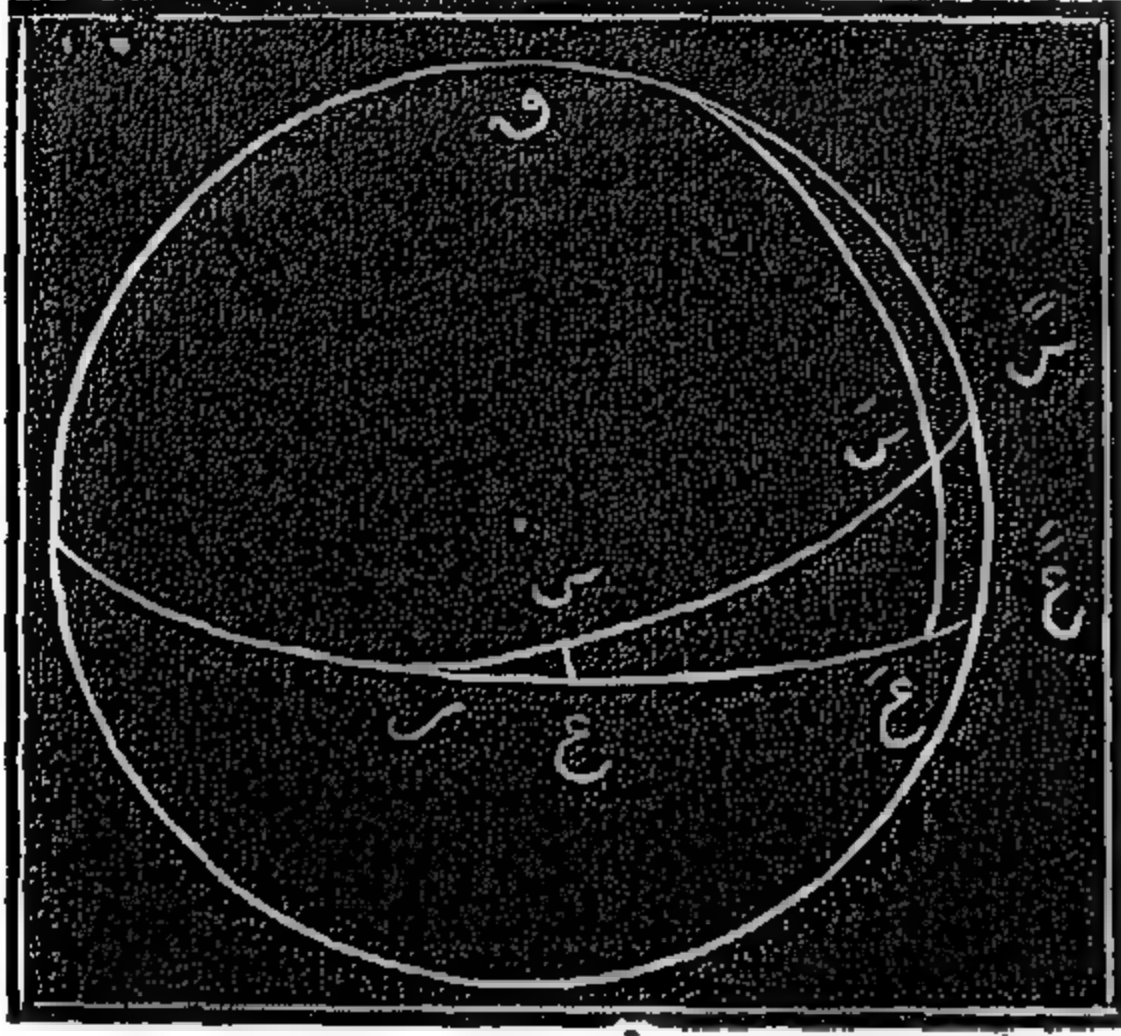
لكن الايام الشمسية التي هي عبارة عن المسافات بين الممرات المتتالية للشمس بمستوى الزوال بهما عيب وهو عدم تساوي مددها وينشأ ذلك عن سببين

وذلك لانه لما تقدم أن الشمس في مدارها الظاهري او الارض في مدارها الحقيقي تتحرك بسرعة متغيرة وتقطع في أزمنة متساوية أقواساً تكبر كلما صغر بعد الكوكبين أي كلما قربت الشمس من الحضيض وان زيادة اليوم الشمسي عن اليوم النجمي تتعلق بسعة هذه الاقواس وعلى ذلك تكون هذه الزيادة متغيرة وهذا هو السبب الاول لعدم تساوي الايام الشمسية

٩٣ - عدم انتظام حركة الشمس في المطلع المستقيم - والسبب الثاني هو ميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل

لانه اذا فرضنا أن الشمس تقطع القوسين المتساويين  $\alpha$  و  $\beta$  في زمن واحد على الدائرة الكسوفية في وقتين مختلفتين من السنة كفي وقت الاعتدال الربيعي والمنقلب الصيفي

مثلا فان القوسين  $س ع$  و  $ع ع$  اللذين تقدر بهما حركتها في المطلع المستقيم لا يكونان متساويين لان المثلث  $ع س ع$  القائم الزاوية في  $ع$  يمكن اعتباره مستقيما الاضلاع اصغر



ش ٤٠

أضلاعه وفيه  $ع$  أصغر من الوتر  $س ع$  بخلاف  $ع ع$  الذي يكاد أن يكون موازيا  $س ع$  فانه بالعكس أكبر منه أعني أن  $ع ع < س ع$  لان هذين القوسين اللذين يعينان تباعدا ترقى الميل  $ع ع$  و  $ع ع$  أحدهما على دائرة المعدل والاخر يمكن اعتباره على موازى على دائرة نصف قطرها أصغر من نصف قطر دائرة المعدل

(شكل ٤٠)

٩٤ - الشمس التصورية - الشمس الوسطية - حيث أن اليوم الشمسي متغير فلا يمكن أخذه وحدة الزمن ومع ذلك لما كانت أشغال واستراحة سكان الارض تابعة لسير الشمس اليومى لزم انتخاب وحدة الزمن تكون غير متغيرة ولها ارتباط بـ مدة اليوم الشمسي الحقيقي فتوصلوا لذلك بالاعتبارات الآتية وهي انهم تصوروا شمسا تتحرك كالشمس الحقيقية على الدائرة الكسوفية حركة منتظمة بسرعة (هى السرعة المتوسطة للشمس الحقيقية) بحيث ان موضعى هاتين الشمسين ينطبقان في وقت الحضيض وبالتبعية في وقت الاوج أعني في اللحظة التي فيها سرعة الشمس الحقيقية تأخذ نهايتها العظمى والصغرى وبهذه الكيفية توجد الشمس الحقيقية تارة سابقة للشمس التصورية وتارة متأخرة عنها سابقة لها من الحضيض الى الاوج ومتأخرة عنها من الاوج الى الحضيض

وبذلك ينعدم السبب الاول لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن تغير سرعة الشمس ولاجل منع السبب الثانى تصوروا شمسا تصورية أخرى تتحرك على دائرة المعدل بحركة منتظمة وبسرعة الشمس التصورية الاولى التي تتحرك بها على الدائرة الكسوفية وجعلوا الشمسين يتبدآن في لحظة واحدة من اعتدال واحد وهذا الفرض الثانى ينعدم السبب الثانى لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن ميل الدائرة الكسوفية

ويعطى للشمس التصورية الثانية اسم شمس وسطية ومروراتها المتعاقبة بزوال محل هى التي تستعمل لتثبيت مبدأ الايام الوسطية المتعاقبة



٩٥ - اليوم الشمسي الوسطى - من البديهي ان هذه الشمس الوسطية تترجم مستوى الزوال في مسافات زمنية متساوية ويعطى لكل مسافة من هذه المسافات اسم يوم وسطي ويسمى زمنا وسطيا الزمن الناتج من تعاقب الايام الوسطية ولحظة مرور الشمس الحقيقية بمستوى الزوال تسمى الظهر الحقيقي أو المرتى ولحظة مرور الشمس الوسطية به تسمى الظهر الوسطى ويمكن تعيين لحظة مرور الشمس الوسطية بمستوى الزوال كما لو كانت موجودة حقيقة وينقسم اليوم الشمسي الوسطى كالיום النجمي الى ٢٤ ساعة وسطية والساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية

٩٦ - تعديل الزمن - يوجد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الحقيقية تباعد متغير وبسبب ميل الدائرة الكسوفية يوجد كذلك تباعد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الوسطية وبناء على ذلك تختلف الشمس الحقيقية والشمس الوسطية في المطلع المستقيم ويسمى هذا الفرق تعديل الزمن ولا يصل الى ١٧ أبدا ولا بد للمرور من الزمن الشمسي الحقيقي الى الزمن الوسطى من بيان مقدار تعديل الزمن في كل وقت

وحيث ان السنة الانقلابية تحتوى على ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما نجميا وان نصف القطر البورى يرسم كذلك ٣٦٠ في هذه المدة فمركتها المتوسطة في مدة يوم واحد نجمي تكون

$$0.85762 = \frac{360}{366,242217}$$

ويكون هذا المقدار هو سرعة الشمس الوسطية فاذا مرنا بهذه السرعة بالحرف ع وبالحرف ن للزمن النجمي الذي يمضي من الاعتدال الربيعي الى اللحظة المعتبرة فالمطلع المستقيم للشمس الوسطية يكون ع x ن ويختلف المطلع المستقيم للشمس الحقيقية عن ع ن بالزيادة أو بالنقص وحساب تعديل الزمن يلزم معرفة كيفية إيجاد طول الشمس التصورية الاولى وذلك يكون بمعرفة الحركة الظاهرية للشمس الحقيقية في الدائرة الكسوفية وهي مسألة تتعلق بالفلك العملى ويكتفى فقط بالجدول البحرية المسماة (نوتيكال المنال) التي يوجد فيها مقدار تعديل الزمن لكل يوم من السنة وينعدم تعديل الزمن أربع مرات في السنة وأوقات انعدامه لسنة ١٨٧٩ هـ ١٥ ابريل و ١٤ يونيو و ٣١ أغسطس و ٢٤ ديسمبر

٩٧ - نسبة اليوم الوسطى الى اليوم النجمي - قد ذكرنا سابقا أن اليوم الشمسي أكبر من اليوم النجمي ويناسب هذه الزيادة ويسهل علينا الآن حساب نسبة اليوم الشمسي الوسطى الى اليوم النجمي

ففي مسافة يوم نجمي تقطع الشمس الوسطية على دائرة المعدل في الجهة الطردية قوسا قدره  $٥٨,٦٤٢$  وبناء على ذلك لا ترسم حقيقة في هذه المسافة بسبب الحركة اليومية قوسا قدره  $٣٦٠$  بل قوسا مقداره  $٣٦٠ - (٥٨,٦٤٢)$  وحينئذ فقط مقدار اليوم الشمسي الوسطي أعني الزمن اللازم لقطع  $٣٦٠$  يكون مبينا بالمقدار

$$\frac{س}{١} = \frac{٣٦٠}{(٥٨,٦٤٢) - ٣٦٠}$$

ومنه

$$س = ١,٠٠٢٧٣٩ = \text{يوم نجمي} \quad \begin{matrix} \text{ث} & \text{د} & \text{س} \\ ٥٦,٥٥٥ & ٣ & ١ \end{matrix} \text{ يوم نجمي}$$

بمعنى أن اليوم الشمسي الوسطي يزيد عن اليوم النجمي بقدر أربع دقائق نجمية تقريبا ويمكن بالعكس بيان اليوم النجمي بواسطة اليوم الشمسي الوسطي ويوجد لمقدار اليوم النجمي

$$\frac{\text{يوم شمسي وسطى}}{١,٠٠٢٧٣٩} = ٠,٩٩٧٢٦٨ = \text{يوم شمسي وسطى} \quad \begin{matrix} \text{ث} & \text{د} & \text{س} \\ ٣,٩٥٥ & ٥٦ & ٢٣ \end{matrix}$$

٩٨ - المدد المنسوبة لليوم النجمي واليوم الوسطي - قد تقدم ان السنة الانقلابية مقدرة بأيام نجمية هي  $٣٦٦,٢٤٢٢١٧$  ولنبحث الآن عن مقدارها بأيام شمسية وسطية ولذا نقول قد تقدم ان النسبة بين اليوم الشمسي الوسطي وبين اليوم النجمي هي

$$\frac{٣٦٠}{\frac{٣٦٠}{٣٦٦,٢٤٢٢١٧}} = ٣٦٠$$

وبقسمة حدى الكسر على  $٣٦٠$  واجراء الحساب يحدث

$$\frac{٣٦٦,٢٤٢٢١٧}{٣٦٥,٢٤٢٢١٧}$$

وينتج من ذلك أن  $٣٦٥,٢٤٢٢١٧$  يوما شمسيا وسطيا يساوي  $٣٦٦,٢٤٢٢١٧$  يوما نجميا أعني ان طول السنة الانقلابية مقدرة بأيام شمسية وسطية هو  $٣٦٥,٢٤٢٢١٧$  وحينئذ فمدة السنة الانقلابية تنقص يوما شمسيا وسطيا عما تحتويه من الايام النجمية

وحينئذ فيوجد ثلاثة أنواع من الايام أحدها اليوم النجمي ومدته واحدة ويقدر بمدة دورة كاملة للأرض وثانيها اليوم الشمسي الحقيقي ومدته متغيرة وهي مبينة بمرورات الشمس المتتالية بمستوى الزوال وثالثها اليوم الشمسي الوسطي وهو متوسط الايام الشمسية الحقيقية للسنة بأكملها

**٩٩ - الزمن الوسطى - اليوم العرفي -** مما تقدم يمكن استعمال اليوم الشمسي لقياس الزمن وتصلح الساعات العمومية والخصوصية وابتداء اليوم في العادة المدنية من نصف الليل الوسطى وأما عند الفلكيين فإن مبدأه نصف النهار الوسطى فهم يعدون الساعات من  
ب ب ب غاية ٣٤ ساعة

وفي الازمان السابقة كانت الساعات تحرر على نصف النهار الحقيقي وكان ذلك مستلزما لتصليحات دائمة لان الساعات المنتظمة السير جدا كانت توجد تارة مقدمة وتارة مؤخرة بسبب عدم تساوى حركة الشمس وكان يعلم ذلك بواسطة الآلات التي يستدل بها على مرور الشمس بمستوى الزوال

ومن سنة ١٨١٦ قد جعلت الساعات بحسب الزمن الوسطى ولاجل تحريرها على الزمن الوسطى يستعان كما تقدم بمرورات الشمس الحقيقية بمستوى الزوال ويضم الى نصف النهار اولى ١٢ ساعة أو يطرح منه تعديل الزمن على حسب الجداول التى تنشر سنويا التى تحتوى على عمود يدل على الزمن الوسطى فى نصف النهار الحقيقى أعنى الوقت الذى يجب أن تبينه الساعة فى لحظة من ورات الشمس بمستوى الزوال بالضبط

وينتج من ذلك ان الساعة المحررة جيدا على الزمن الوسطى التي سيرها منتظم يجب أن لا تسير مع الشمس الا في الاوقات الاربعة التي سبق ذكرها

## الفصل الرابع

## الحركة الحقيقية الانتقالية للأرض حول الشمس

۱۰۰ - قد علمت ان الحركة اليومية للكرة النجمية هي حركة دوران الارض وقد برهننا على ذلك بجملة براهين

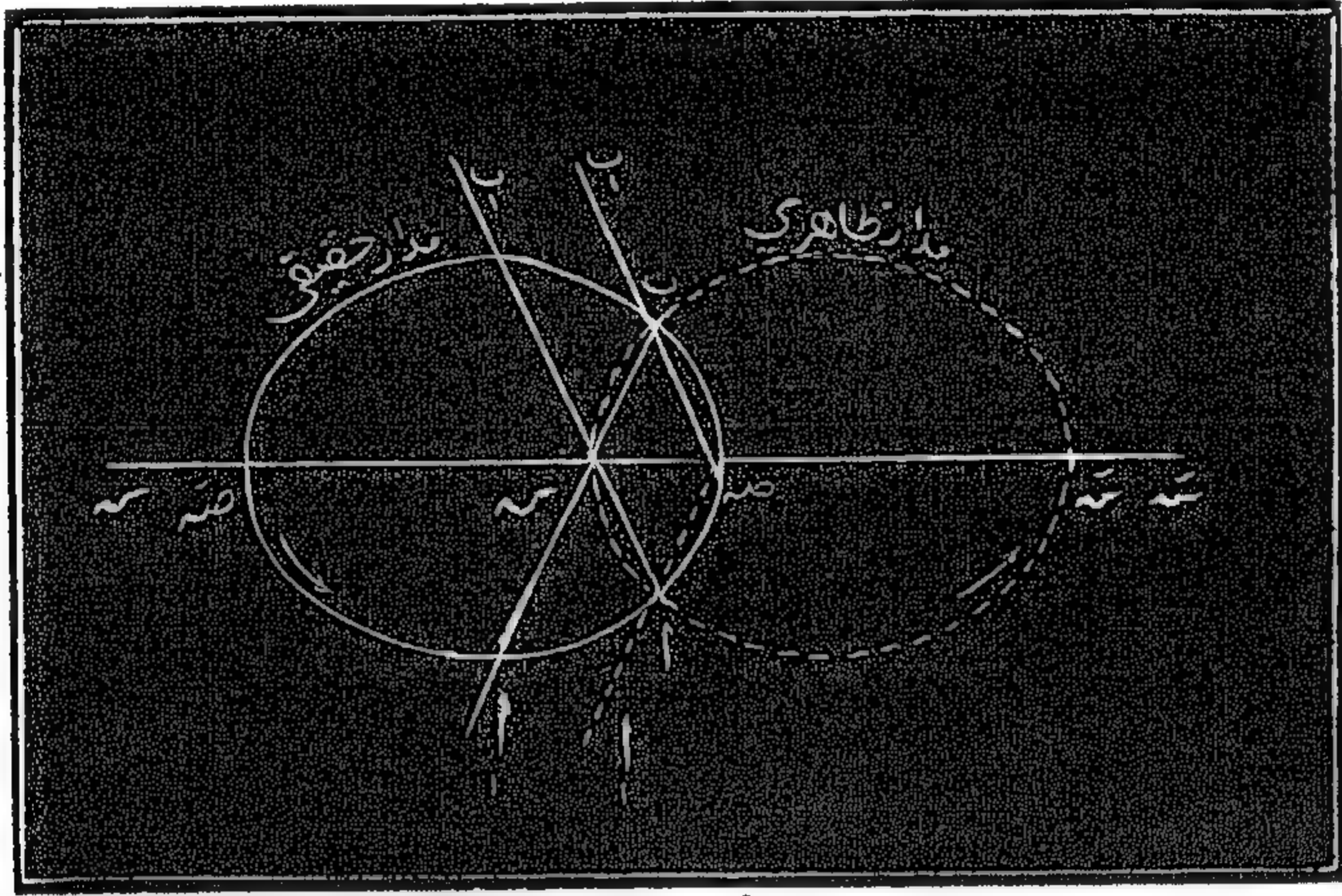
والحركة الخاصة السنوية للشمس هي أيضا ظاهرية والحقيقة ان الارض هي التي تنتقل حول الشمس

وكان الاقدمون لا يقولون بحركة الارض الانتقالية وهذه الحركة مع الحركة الاولى هما القاعدة لايضاح جميع حركات السيارات وأساس لعلم الفلك الجديد والمؤرخون يقولون ان (كوبرنيك) و (جاليلي) هما اللذان حققا هذا الاصلاح العلمي



١٠١ - ايضاح الطواهر بفرض حركة الارض - قبل أن نذكر البراهين التي تؤكد انتقال الارض نبين لك ان الحركة الخاصة للشمس التي بسببها يظهر انها تتقل في طرف سنة وتقطع بالتوالي جميع الصور المنطقية وان المدار الناقص الذي ظهر لنا انها تتحرك عليه بسرعة متغيرة وعلى ابعاد عن الارض متغيرة كلها طواهر تكون هي بعينها اذا قلنا ان المتحرك هو الكرة الارضية

وذلك ان نبتدي من اللحظة التي تكون الشمس فيها في الحضيض في س على مدارها الظاهري (شكل ٤١) التي تشغل الارض صه أحد بورتيه ثم نجعل الشمس بورة لقطع ناقص مساو للاول وموضوع بعكسه فتكون الارض حينئذ في الحضيض بالنسبة له



ش ٤١

فالشمس بسبب حركتها الخاصة ترسم قوسا س ا ومتى وصلت الى ا نراها من الارض المفروضة ثابتة في الاتجاه صه ا بحيث ان مركزها متى صارت في ا ينطبق على نجوم جديدة وتلك هي الطواهر التي نشاهدها

لكن اذا فرضنا ان الارض هي المتحركة والشمس ثابتة وانها ترسم في جهة عكسية القوس ص ب المساوي للقوس س ا على القطع الناقص الذي تشغل الشمس بورتيه فالتأري من الارض ب مركز الشمس في الاتجاه ب س الموازي صه ا بالضبط وحيث ان الخطين المتوازيين يتلاقيان على سطح الكرة السماوية التي نصف قطرها غير محدود ففي هذا الفرض أيضا يري مركز الشمس منطبقا على نفس النجوم التي شوهدت منطبقا عليها في الفرض الاول

وحيث ان ما قلناه على وضع خصوصى للشمس والارض يجرى بداهة على أى وضع للسكوكبين  
ينتج من ذلك ان جميع الظواهر المنسوبة للحركة السنوية للشمس تبقى بعينها بفرض ان الارض  
هى التى تتحرك بهذه الحركة

١٠٢ - جهة الحركة الانتقالية للارض - يشاهد من الشكل أيضا ان المدار الظاهرى  
والمدار الحقيقى مرسومان فى جهة واحدة لانه وان ظهر ان القوسين  $\alpha$  و  $\beta$   
مرسومان فى جهتين متضادتين فذلك لانهما متعاكسا للتعبير والحقيقة هى انه اذا حصلت  
احدى الحركتين كما يرى فى الشكل من اليمين الى اليسار فكذلك تحصل الحركة على القطع  
الناقص الثانى من اليمين الى اليسار وجهة هذه الحركة هى عين جهة الحركة الدورانية للارض  
الحاصلة من الغرب الى الشرق كما هو معلوم

ويمكن تطبيق جميع ما قلناه فى حركة الشمس على الحركة الانتقالية للارض حول الشمس  
ويحصل هذا الانتقال فى مسافة سنة أو ٣٦٥ يوما وربع يوم تقريبا بسرعة تبلغ نهايتها  
العظمى فى الوقت الذى يكون فيه بعد الكوكبين أصغرا ما يكون أعنى وقت الحضيض فى أول  
يناير ويأخذ هذا البعد فى الازدياد بغير انقطاع لغاية الاوج فى أول يوليه ثم يتناقص فى النصف  
الآخر من المدار

واذا نظر الى الشمس من الارض يظهر انها تترقى مستوى دائرة المعدل فى وضعين من الاوضاع  
الاربعة الاصلية وهما نقطتا الاعتدال وانها ترتفع أو تنخفض أعظم ارتفاع أو أعظم  
انخفاض فوق أو تحت هذا المستوى فى النقطتين الاخرين وهما المنقلبان

١٠٣ - توازى محور الدوران - مستوى دائرة المعدل - اذا فرض عدم تحرك  
الارض يبقى مستوى دائرة المعدل ثابتا وثبات ميله على الدائرة الكسوفية هو بسبب عدم  
تغير هذا المستوى الاخير

وبفرض ان الارض هى المتحركة فانها تجذب معها فى الفراغ مستوى خط استوائها  
أو مستوى دائرة المعدل بحيث ان هذا المستوى يبقى دائما موازيا لنفسه وحينئذ فزاوية دائرة  
المعدل مع الدائرة الكسوفية تبقى كذلك ثابتة

وحيث ان محور الدوران عمود على دائرة المعدل فيبقى هذا المحور موازيا لاتجاه واحد كذلك  
على الدوام بحيث ان النقط التى يقابل فيها سطح الكرة السماوية غير المحدودة يظهر لنا انها  
غير متحركة

١٠٤ - براهين حركة انتقال الارض حول الشمس - أولا حيث أن الارض صغيرة جدا بالنسبة للشمس والنسبة بينهما  $\frac{1}{138000000}$  فالأحق والأولى نسبة الحركة الانتقالية للأجسام الصغرى . ثانيا جميع السيارات التي تتحرك في ان واحد بحركة دورانية حول محور منقادة لحركة أخرى انتقالية حول الشمس . وحيث ذكرنا فيما سبق ان الارض لها مشابهة كلية بالسيارات فلتسكن حينئذ حركتها الانتقالية محتملة احتمالاً اقرباً للغاية . ثالثاً في مدة ستة أشهر يمكن التأكد من ان اتجاه الشعاع البصرى الواصل الى نجمة بعينها قد غير اتجاهه وهذه الظاهرة لا يمكن الا اذا كانت الارض تتنقل حول الشمس

وبناء على ذلك تكون الارض متحركة حركتين  $\llcorner$  اثنتين غير متعلقتين ببعضهما واحدتي الحركتين هي حركة الدوران التي تنشأ عنها ظاهرة الحركة اليومية للكرة النجمية ويحدث عنها اليوم النجمي . والحركة الأخرى هي الانتقالية أي دورانها حول الشمس وتنشأ عنها ظاهرة الحركة الخاصة السنوية للشمس والسنة والفصول وبانضمامها الى حركة الدوران اليومية تنتج الايام الشمسية وعدم تساوى الليل والنهار الذي يشاهد في العروض المختلفة من الكرة الأرضية

## الفصل الخامس

تقدم الاعتدالين - السنة الانتقالية - السنة النجمية -

انتقال القطبين السماويين - التمايل

١٠٥ - لو أزي محور الدوران أو مستوى دائرة المعدل الأرضية ليس حقيقياً بالضبط قدرنا في (بند ١٠٣) أولاً - أن محور دوران الكرة الأرضية يحفظ وضعاً ثابتاً في الفراغ وأنه يبقى موازياً لاتجاه ثابت وذلك بالنسبة للابعاد الغير المحدودة للكرة النجمية ولذلك يبقى مستوى دائرة المعدل موازياً لنفسه أثناء جميع دورة الارض حول الشمس ثانياً - ان مدار الارض ومستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين وميل الدائرة الكسوفية على مستوى دائرة المعدل ثابت

وعلى هذين الفرضين يجب بداهة ان تحفظ نقط الاعتدالين والمنقلين وضعاً غير متغير على المدار مطابقة دائماً لنجوم واحدة من الكرة السماوية

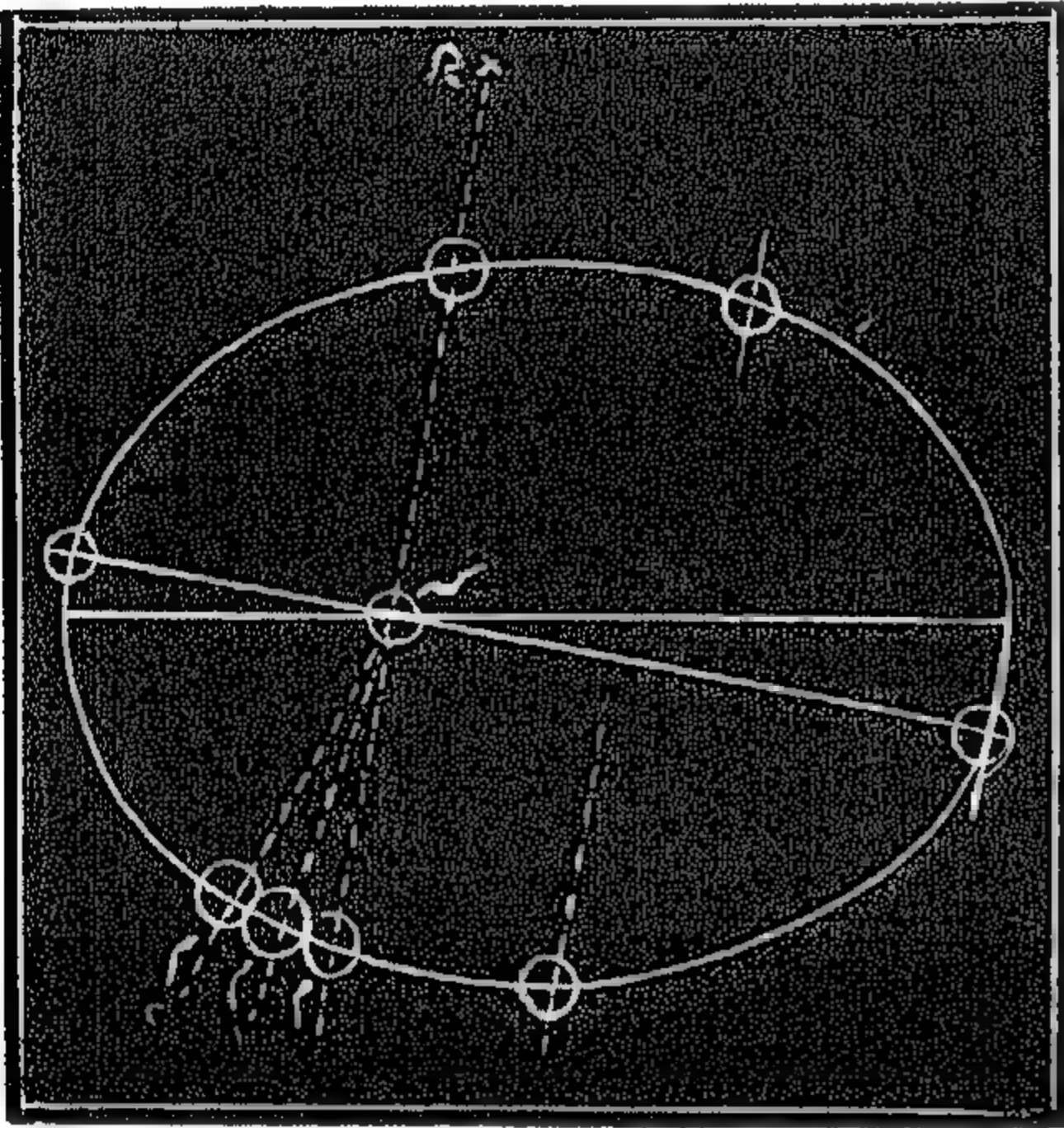
لكن الحقيقة ليست كذلك فان الفلكيين قد علموا ان هذه العناصر المختلفة تتغير وان تغيرها



البطىء يحدث على طول الزمن تغيرات عظيمة فى الاوضاع النسبية للشمس والارض والصور السماوية

١٠٦ - اكتشاف تقدم الاعتدالين - أحد الظواهر المهمة التى هى من هذا القبيل هى الظاهرة التى عرفت من منذ ٢٠٠٠ سنة وسميت تقدم الاعتدالين وينسب استكشافها الى الفلكى الشهير (هيبارك) الاسكندرى (من اسكندرية)

فما سبق يعلم ان لحظة الاعتدال الربيعى مثلا تحصل وقت ما يوجد مركز الشمس فى مستوى دائرة المعدل أعنى وقت ما يمر خط تقاطع خط الاستواء الارضى مع الدائرة الكسوفية بالشمس



ش ٤٢

بسبب الحركة السنوية للارض فلو بقي خط التقاطع المذكور موازيا لنفسه على توالى السنين فن البديهي انه فى ظرف سنة يكون الاعتدال م قد حصل فى النقطة من المدار بذاتها كما يتضح من (شكل ٤٢) بحيث انه اذا كان مركز الشمس منطبقا فى الاعتدال الاول على نجمة ماثلة من الدائرة الكسوفية فان فى الاعتدال التالى تكون النجمة م بذاتها هى الدالة على مركز الشمس فى الكرة السماوية

ولكن (هيبارك) هو أول من علم ان الامر ليس كذلك فانه أثبت ان رجوع الاعتدال قد حصل قبل رجوع النجمة بحيث ان مركز الشمس فى لحظة الاعتدال كان لا يزال باقيا عليه قوس يرسمه فى حركته الخاصة الظاهرية حتى يصير بعد رسمه منطبقا على النجمة بالثانى أو أن الارض قد وصلت نقطة م وكان عاينها ان ترسم القوس م م حتى يوجد مركز الشمس بالثانى منطبقا على النقطة م بذاتها من الكرة السماوية وفى السنة التالية يحصل تقدم مثل هذا للاعتدال وهكذا على توالى السنين حتى ان فقط الاعتدال م م و م م يظهر انها ترجع الى وراء أو تتأخر فى جهة عكسية لحركة الارض أو انها تتقهقر

وبناء على ذلك تسبق الاعتدالات المتتالية شيئا فشيئا لحظات رجوعات الشمس الى النجمة بذاتها أو بعبارة أخرى تتقهقر نقط الاعتدال ومن ذلك نتجت هذه التسمية وهى تقهقر نقطى الاعتدال أو تقدم الاعتدالين والاولى هى المستعملة اليوم

١٠٧ - السنة الانقلابية والسنة النجمية - السنة الانقلابية هي المسافة التي تضي بين رجوعين متتالين للارض الى اعتدال واحد والسنة النجمية هي المسافة المحصورة بين رجوعين متتالين للارض الى النقطة التي منها شوهدت الشمس منطبقة على نجمة واحدة والسنة النجمية تزيد عن السنة الانقلابية حينئذ بقدر الزمن اللازم للارض في قطع أحد الاقواس التي مثل م م

١٠٨ - المقدار المتوسط للتقدم - الاقواس م م و م م صغيرة جدا ومقدارها يتغير بين ٥٠.٢ و ٥٠.٢ (وهيبارك) لم يمكنه أن يقيس هذه الاقواس خصوصا في ذلك الوقت الذي لم تكن فيه صناعة الآلات الفلكية متقدمة وانما تجمع هذه الاقواس المتتالية صار محسوسا على طول الزمن لانه من سنة الى سنة بالنسبة للوضع الواحد للشمس وفي الاوقات الواحدة من السنة صارت الصور المقطوعة بالشمس أو المقابلة لها ليست هي بذاتها لان التقدم الذي مقدار ٥٠.٢ في السنة يصير تقريبا في مسافة ٧٢ سنة أو ٣٠ في ٢١٦٠ سنة ولهذا السبب فان الصور التي كانت تدل على الاوضاع المتتالية للشمس على منطقة فلك البروج في الاشهر المختلفة من السنة في أيام (هيبارك) (١٥٠ قبل الميلاد) لم تكن اليوم هي بذاتها في الاوقات بعينها ولا يوجد حينئذ تطابق بين البروج وبين الصور المنطقية ومع ذلك فقد حفظت للبروج أسماءها القديمة أي أسماء الصور التي كانت تمر الشمس منها من منذ ٢٠٠٠ سنة

١٠٩ - محوره مستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين - حيث علمت ظاهرة تقهقر نقطتي الاعتدال ومقدار ذلك التقهقر فنبين لك أسبابه فنقول لاجل معرفة الحركة التي ينشأ عنها هذا التغير المتزايد قد صار البحث في التأثيرات التي يحدثها هذا التغير في منظر السماء فعلم أن محور دوران الارض ومستوى خط استوائها وضعهما ثابت عليهما والاطوال والعروض الجغرافية غير متغيرة وأن النجوم حافظة أوضاعا بنسبة واحدة (ماعدا الحركات الخاصة البطيئة جدا الحاصلة لبعض منها) لكن ليس الامر كذلك بالنسبة لاجداثياتها السماوية أعني أوضاعها منسوبة لمستوى دائرة المعدل أو لمستوى الدائرة الكسوفية فان هذه الاجداثيات متغيرة وقد علم بالبحث في هذا التغير ما يأتي أولا - ان المطالع المستقيمة والميول تعتبرها تغيرات مستقرة ثانيا - ان العروض غير متغيرة وأما الاطوال فانها تزداد دائما بكمية تساوي مقدار تقهقر نقطتي الاعتدال بالضبط

أما عدم تغير العروض السماوية فيستدل منه على أن مستوى الدائرة الكسوفية يبقى غير متغير وأما تغيرات الأطوال السماوية فهي ناشئة عن حركة نقطة الاعتدال التي هي مبدأ الأحداثيات

١١٠ - المخروط التحركي المرسوم بمحور الأرض - يعلم حينئذ أنه لا يمكن الافتراض واحد هو حركة مستوى دائرة المعدل فهذا المستوى عوضاً عن أن يبقى موازياً لنفسه يدور بكيفية مستمرة بحيث أن تقاطعه بالدائرة الكسوفية يرسم في مسافة سنة زاوية قدرها  $٥٠٠٢$  و (شكل ٤٢) يوضح ذلك جلياً

ولكن حركة دائرة المعدل تستلزم دوران محور العالم معها الذي هو عمود عليها وانتقال القطبين السماويين من سنة إلى سنة بالمقدار الزاوي بعينه  $(٥٠٠٢)$  وحيث أن ميل دائرة المعدل على مستوى الدائرة الكسوفية يبقى ثابتاً تقريباً فينتج من ذلك أن محور الأرض يرسم حول محور الدائرة الكسوفية مخروطاً تحريكاً وبسبب المقدار  $٥٠٠٢$  في السنة الذي يصل درجة تقريباً في ٧٢ سنة يتم دورة كاملة في ٢٦٠٠٠ سنة تقريباً (٢٥٨١٦)

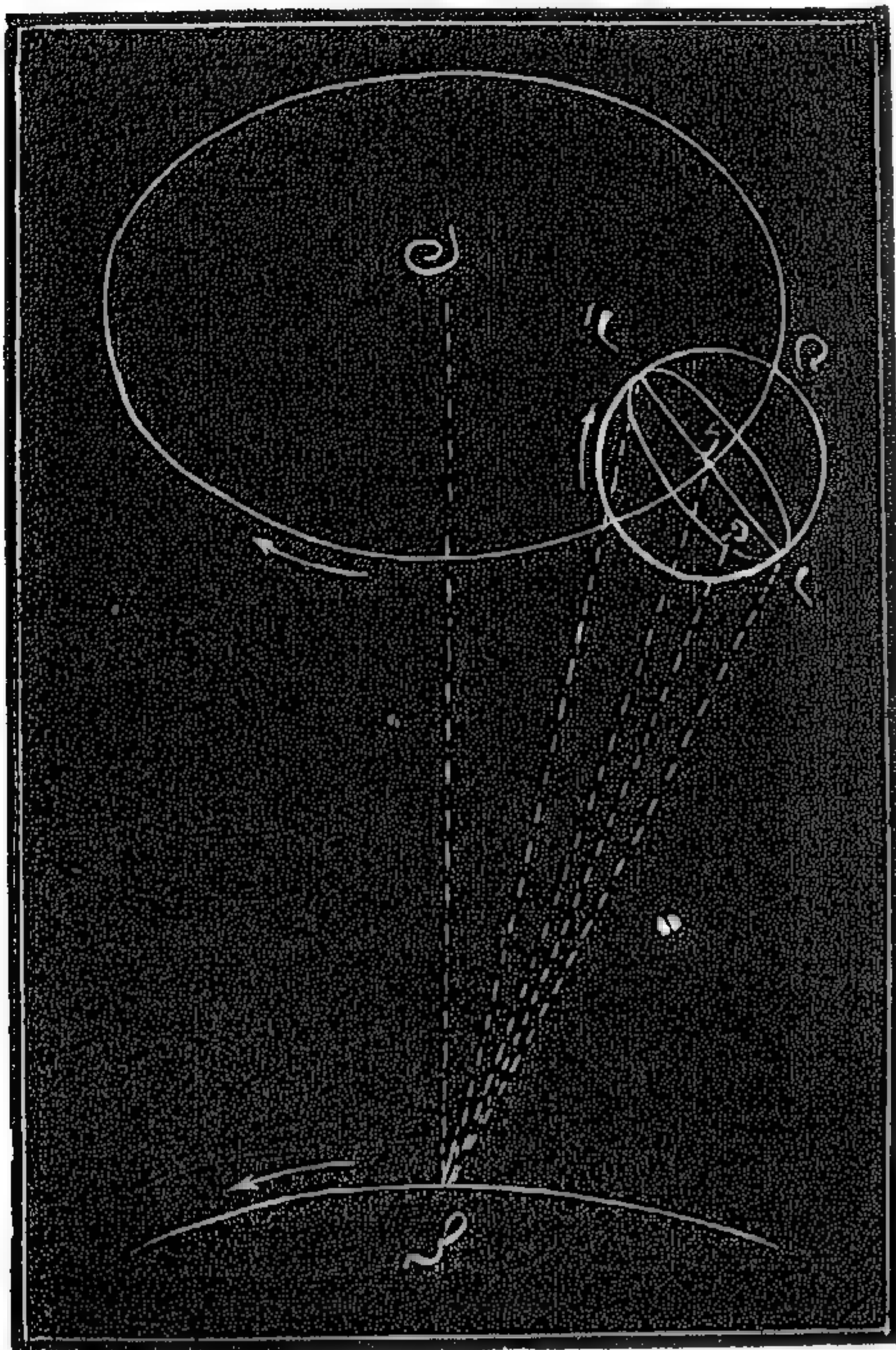
١١١ - انتقال القطبين السماويين - وبناءً على ذلك فالقطبان السماويان اللذان كنا اعتبرناهما ثابتين قبل ينتقلان شيئاً فشيئاً ولذلك لا يطابقان لنجوم واحدة فالיום يقرب القطب الشمالي قرباً غير محسوس من النجمة القطبية المتباعدة عنه بقدر  $٣٠$  و بعد ٢٥٠ سنة لا يكون هذا البعد إلا  $٣٠$  وبعد ذلك الوقت يتباعد القطب الشمالي عن النجمة القطبية وفي ظرف زمن قدره ١٢٠٠٠ سنة تقريباً تصير النجمة المسماة الواقع من النسر الواقع هي أقرب النجوم إلى القطب وتتمتع بدور النجمة القطبية وقتئذ وفي زمن بناء الهرم الأكبر في مصر كانت النجمة ١ من التين هي النجمة القطبية والانتقال المذكور للقطب يؤثر كذلك على منظر السماء في محل معين ويظهر حصول تغير بطيء في الآفاق الأرضية بحيث أن بعض النجوم أبدية الظهور تصير أبدية الاختفاء وبالعكس وذلك مثل صورة ذات الكرسي التي هي اليوم من الصور الأبدية الظهور كانت من الصور الأبدية الاختفاء منذ ٤٠٠٠ سنة وأما السبب الطبيعي لتقدم الاعتدالين فهو تأثير جذب كتلة الشمس على الانتفاخ الاستوائي للكرة الأرضية

١١٢ - التمايل - حركة الحضيض - كذلك كتلة القمر تؤثر على الجزء الاستوائي من الكرة الأرضية وتحدث حركة في محور دورانها مدتها  $\frac{1}{18}$  سنة وتسمى هذه الحركة بالتمايل فتقهقر نقطتي الاعتدال لا يغير ميل دائرة المعدل على الدائرة الكسوفية وأما التمايل فإنه يزيد وينقص هذا الميل بالدور وبمقارنة الارصاد القديمة بالجديدة ثبت أن هذا الميل



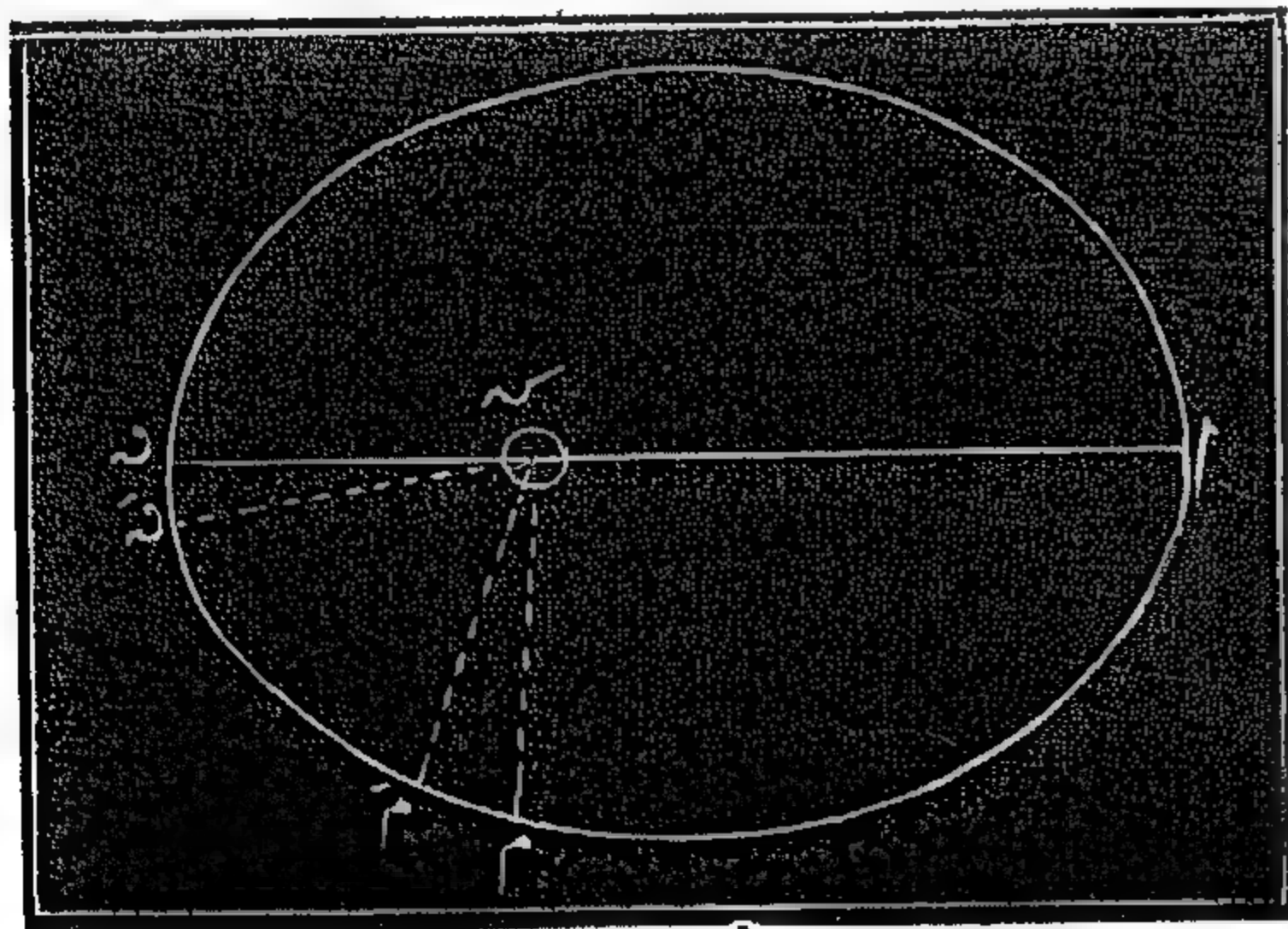
يَتَغَيَّرُ تَغْيِيرًا بَطِيئًا مِّن قَرْنٍ إِلَى آخِرٍ وَقَدْ وَجَدْنَا عَلَى الْأَرْضِ أَصْدَادًا جَدِيدَةً أَنَّ نَقْصَ الْمَيْلِ الْمَذْكُورِ  
يَبْلُغُ ٤٨ فِي الْقَرْنِ أَوْ ٤٨ ر. فِي السَّنَةِ

وحركة المحور التي تحدث ظاهرة التمايل مبينة في (شكل ٤٣) وفيه ص وضع الارض على



ش ۴۳

وأخيرا وجد تغير آخر وهو الانتقال البطيء للمعجور الأكبر مدار الأرض وذلك أثناء علمنا أن طول الحضيض الذي يقاس بالقوس م ١٧ (شكل ٤٤) من الدائرة الكسوفية المحصور بين الاعتدال الربيعي م ونقطة ٧ التي توجد الأرض فيها حين تكون في أصغر



وفي سنة ١٦٩٠ لم يكن هذا الطول  
الا ٣١ ٣٥ ٢٧٧ وفي سنة ١٧٧٥  
كان ١٧ ٣١ ٢٧٩ وفي سنة ١٨٨٩  
صار ٤٦ ٥٣ ٢٨٠ وهي زيادة  
لا تزيد عن ٦١ في السنة الا قليلا

س ۴۴

وهذه الزيادة جزء منها ينسب لتقهقر نقطة الاعتدال التي من الوضع م تصير في م على بعد زاوى قدره  $٥.٢$  والجزء الآخر ينسب لانتقال خصوصى للمحور الاكبر والخصيصة ن الذى ينتقل الى و والحاصل ان الخضيض الشمسى والاعتدال الربيعى يتقاربان ويمكن معرفة الوقت الذى فيه تنطبق هاتان النقطتان

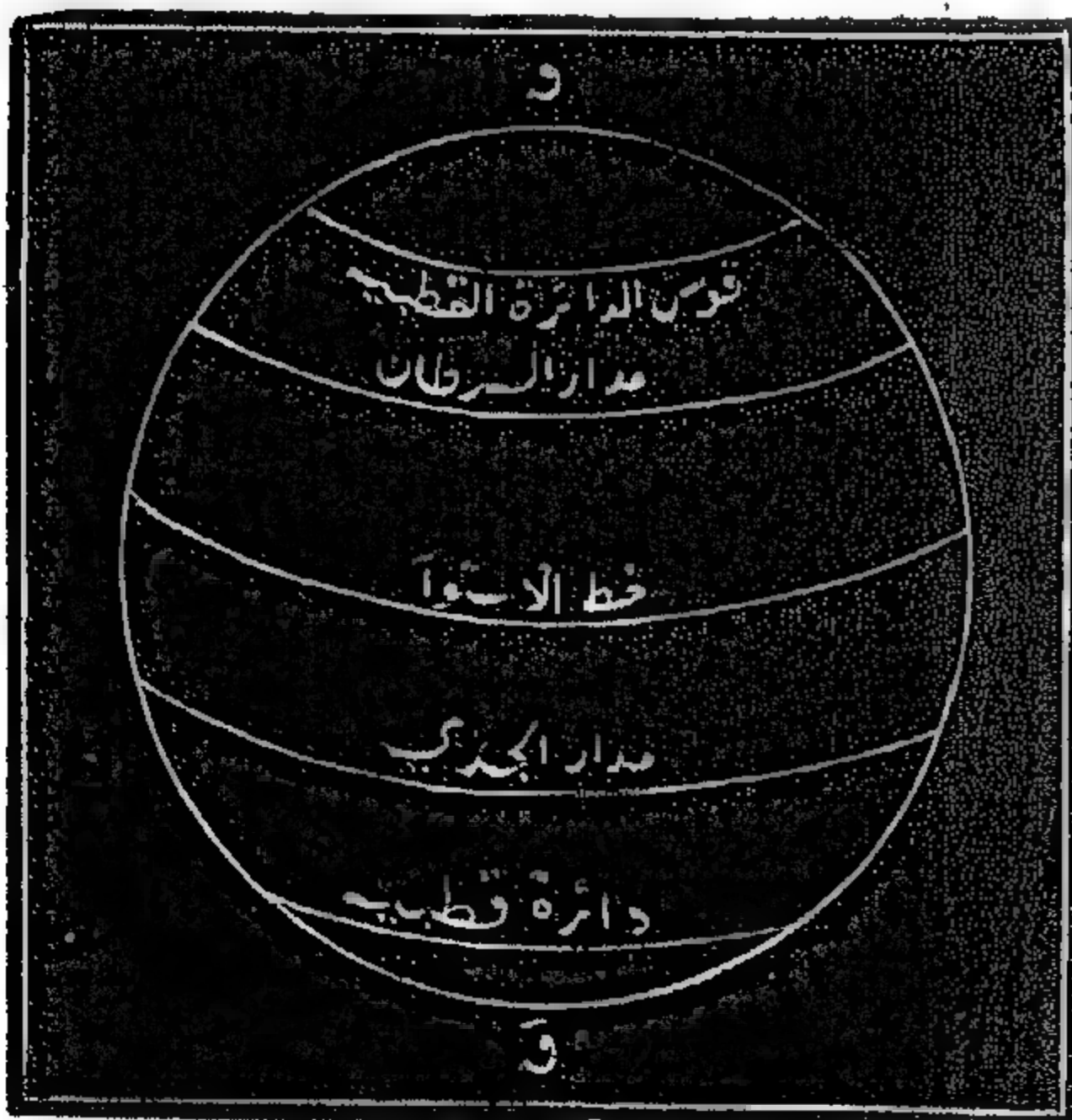
وحيث ان نقط الاعتدالين والمنقلبين هى التى تعين مبادئ الفصول وان المحور الاكبر للمدار يقسم هذا المنحنى الى قسمين متساويين تقطعهما الارض فى مدد متساوية فتطبق الخضيض ونقطة الاعتدال حصل التساوى بين مدتى الربيع والصيف ومدتى الخريف والشتاء بل وان الربيع تكون مدته كالشتاء والخريف كالصيف ولكن هذه الحادثات الخصوصية لا تحصل فى الارض الا بعد  $٤٧$  قرنا

## الفصل السادس

### الليل والنهار

١١٣ - الليل والنهار - يستمر نهارا الزمن الذى تبقى فيه الشمس فوق افق محل بل هو الزمن الذى يمضى من شروق مركز قرص الشمس من الافق الحقيقى الى غروبه بالافق المذكور

١١٤ - تغيرات مدة اليوم - المناطق الارضية - مدة النهار ومدة الليل تتغير فى المحل الواحد وفى العرض الواحد بتغير الوقت من السنة ولهذا التغيرات نهاية عظيمة ونهاية صغرى من ستة أشهر الى صفر وبالنظر الى المدة



النسبية لليل والنهار تنقسم الارض الى خمس مناطق يتفصل بعضها عن بعض بالمدارين وبالدائرتين القطبيتين (شكل ٤٥)

فالمنطقة الاولى المدارية ويحدها من الشمال مدار السرطان (وعرضه  $٢٣$   $٢٧$  عرضا شماليا) ومن الجنوب مدار الجدى (وعرضه  $٢٣$   $٢٧$  عرضا جنوبيا) ويقسمها خط الاستواء الى قسمين متساويين وتسمى

المنطقة الحارة والمدارية



الثانية - المنطقة المعتدلة الشمالية وهي المحصورة بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية (٣٣° ٦٦° شمالاً)

الثالثة - المنطقة المعتدلة الجنوبية وهي المحصورة بين مدار الجدي والدائرة القطبية الجنوبية (٣٣° ٦٦° جنوباً)

الرابعة - والخامسة المنطقة المنجمدة الشمالية والمنطقة المنجمدة الجنوبية وهما المحصورتان بين القطبين والدائرتين القطبيتين

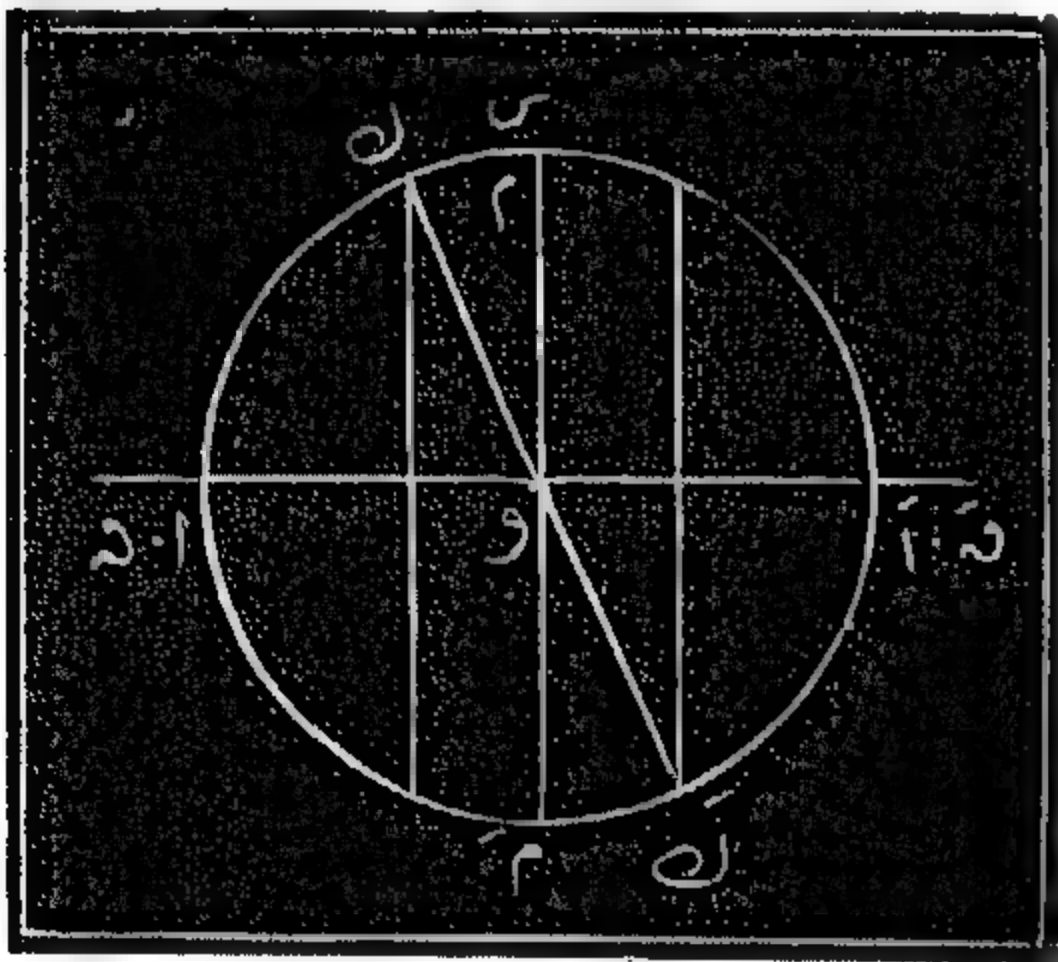
فالمنطقة الحارة والمنطقتان المعتدلتان تحتوى على جميع النقط الأرضية التي فيها مجموع مدتي النهار والليل يساوي يوماً شمسياً

وأما المنطقتان المنجمدتان فتشتملان على النقط التي فيها مجموع مدتي النهار والليل يزيد عن مدة اليوم الشمسي ويبلغ سنة كاملة

١١٥ - تساوى النهار والليل في الاعتدالين - قد قلنا ان ظاهرة تعاقب الليل والنهار تتغير امام الراصد على حسب المنطقة التي يوجد فيها وسنبين هذا التغير في أوضاع مخصوصة ولما كان بعد الشمس عن الأرض عظيماً جازاً أن نفرض ان افق نقطة من سطح الأرض منطبقاً على الافق المار بمركزها

ولنفرض أولاً - ان الراصد موجود في خط الاستواء فالعرض يكون معدوماً في هذه الحالة أعني ان ارتفاع القطب فوق الافق يكون معدوماً ويوجد خط القطبين في مستوى الافق

(شكل ٤٦)



ش ٤٦

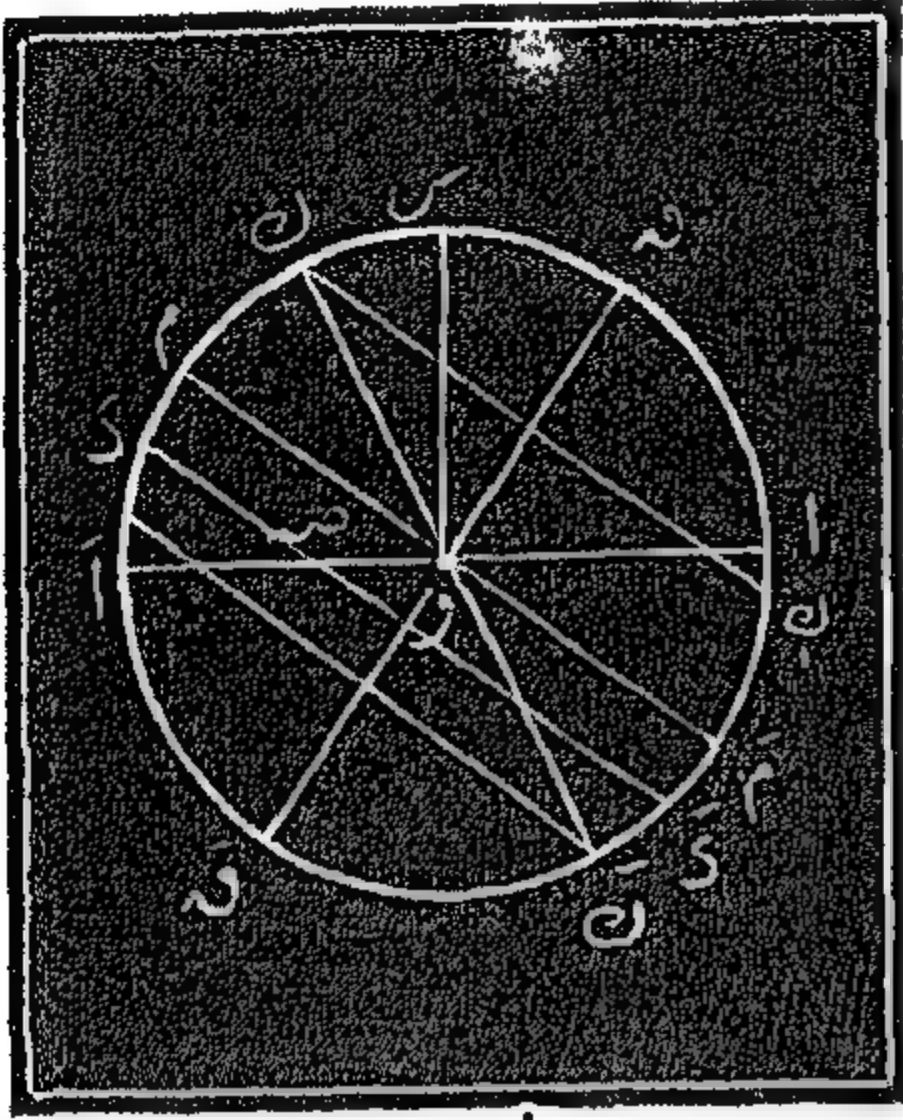
ويقسم مستوى الافق خط الاستواء والموازيات الى قسمين متساويين وحينئذ فهما كان وضع الشمس على الدائرة الكسوفية تكون مدتا النهار والليل متساويتين

ثانياً - أن يكون الراصد في المنطقة المعتدلة - لتكن و وضعه في مركز الكرة السماوية وان

و م ق م (شكل ٤٧) مستوى زوال المحل الذي نجعله مستوى الشكل و يمكن و ق خط القطبين و أ و م م و ل ك آثار مستوى الافق ومستوى دائرة المعدل ومستوى الدائرة الكسوفية على مستوى الشكل ونفرض لاجل البساطة ان خط الاعتدالين عمودي على مستوى الشكل فينسلط عليه في و



ففي الاعتدال الربيعي تكون الشمس في و وترسم دائرة المعدل ويكون النهار مساويا لليل

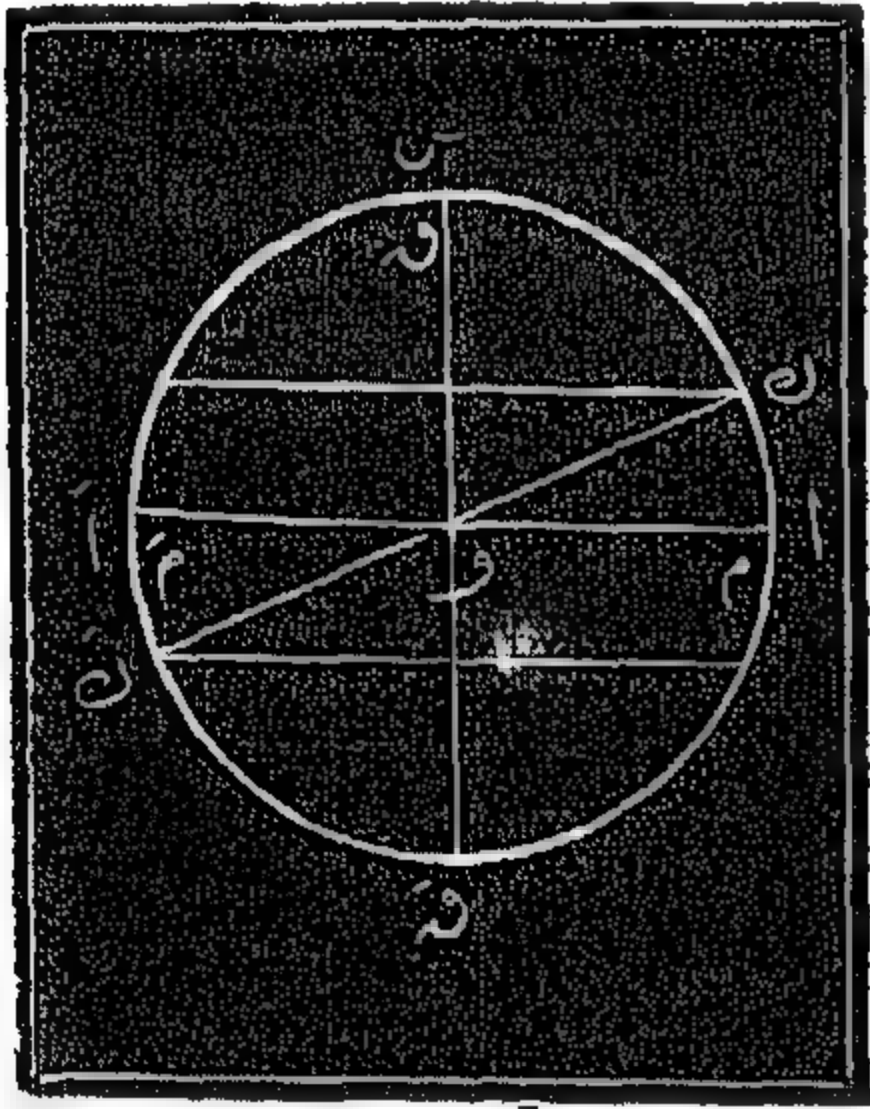


ش ٤٧

ومن الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي تتقدم الشمس نحو نقطة ك وتكون أجزاء الموازيات التي فوق الافق أكبر من أجزائها التي تحته ويأخذ النهار في الازدياد بلا انقطاع ويصل نهايته العظمى في المنقلب الصيفي وبالاتسداء من هذه اللحظة لغاية الاعتدال الخريفي ترسم الشمس الموازيات التي رسمتها قبل بذاتها لكن على عكس الترتيب ويأخذ النهار في التناقص حتى يصير مساويا لليل في الاعتدال الخريفي وتقرأ الشمس وقتئذ

في نصف الكرة الجنوبي وفي لحظة ما ترسم الموازي د د وحيث ان الجزء د صه الذي يوجد تحت الافق أكبر من الجزء الذي يوجد فوقه يصير النهار أقل من الليل ويأخذ النهار في النقص لغاية المنقلب الشتوي الذي يصير فيه الليل في نهايته العظمى ومن المنقلب الشتوي الى الاعتدال الربيعي يأخذ النهار عين المقادير بالثاني كما في

الزمن السابق له لكن على عكس الترتيب



ش ٤٨

ثالثا - أن يكون الراصد في القطب - في هذا الوضع تكون الموازيات التي ترسمها الشمس موازية لمستوى الافق (شكل ٤٨) ومن الاعتدال الربيعي الى الاعتدال الخريفي تكون الشمس دائما فوق الافق ومن الاعتدال الخريفي الى الاعتدال الربيعي يحصل العكس وحينئذ يوجد نهار قدره ستة أشهر وليل قدره ستة أشهر

١١٦ - الشمس في السميت - في الاعتدالين ترسم الشمس دائرة المعدل وبالنسبة لافق نقطة من خط الاستواء تصير هي الدائرة العظيمة الرأسية التي تمر بنقطتي الشرق والغرب وحينئذ تمر الشمس بالسميت في نصف نهار النقطة المذكورة

وهذه الظاهرة مشتركة بين جميع النقط الأرضية الموجودة بين خط الاستواء والمدارين لغاية عرض ٢٧ ٢٣ تقريرا لان محور الدوران مائل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ٢٦ ٣٣ ٠ وحينئذ فرأسي نقطة ما عرضها ٢٠ شمالا يمثلا يكون بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعدل ولا بد من مرور الشمس به أثناء انتقالها من الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي

وبهذه المثابة فإنه في يوم الانقلاب الصيفي تمر الشمس في نصف النهار بسمت جميع النقط الموجودة على مدار السرطان وفي يوم الانقلاب الشتوي تمر بسمت جميع النقط الموجودة على مدار الجدى لأن رأسى أى نقطة من هذه النقط يكون موجودا في مستوى الدائرة الكسوفية

وحينئذ فين خط الاستواء والمدارين أعنى في جميع المنطقة الحارة تحصل الحالة بذاتها مرتين في السنة لأن الارتفاع الزوالى للشمس وقتئذ يبلغ بل يزيد عن  $90^\circ$  وينتج من ذلك أن الشمس بين هذين الوقتين وأحد المنقلين تكون وقت الظهر في جهة من الرأسى نحو الشمال وفي باقى السنة تكون في الجهة الأخرى منه نحو الجنوب وسكان المنطقة الحارة يرون ظلهم حينئذ وقت الزوال تارة منسقة طائحا نحو القطب وتارة في جهة خط الاستواء أعنى في شمال أو جنوب أفقهم

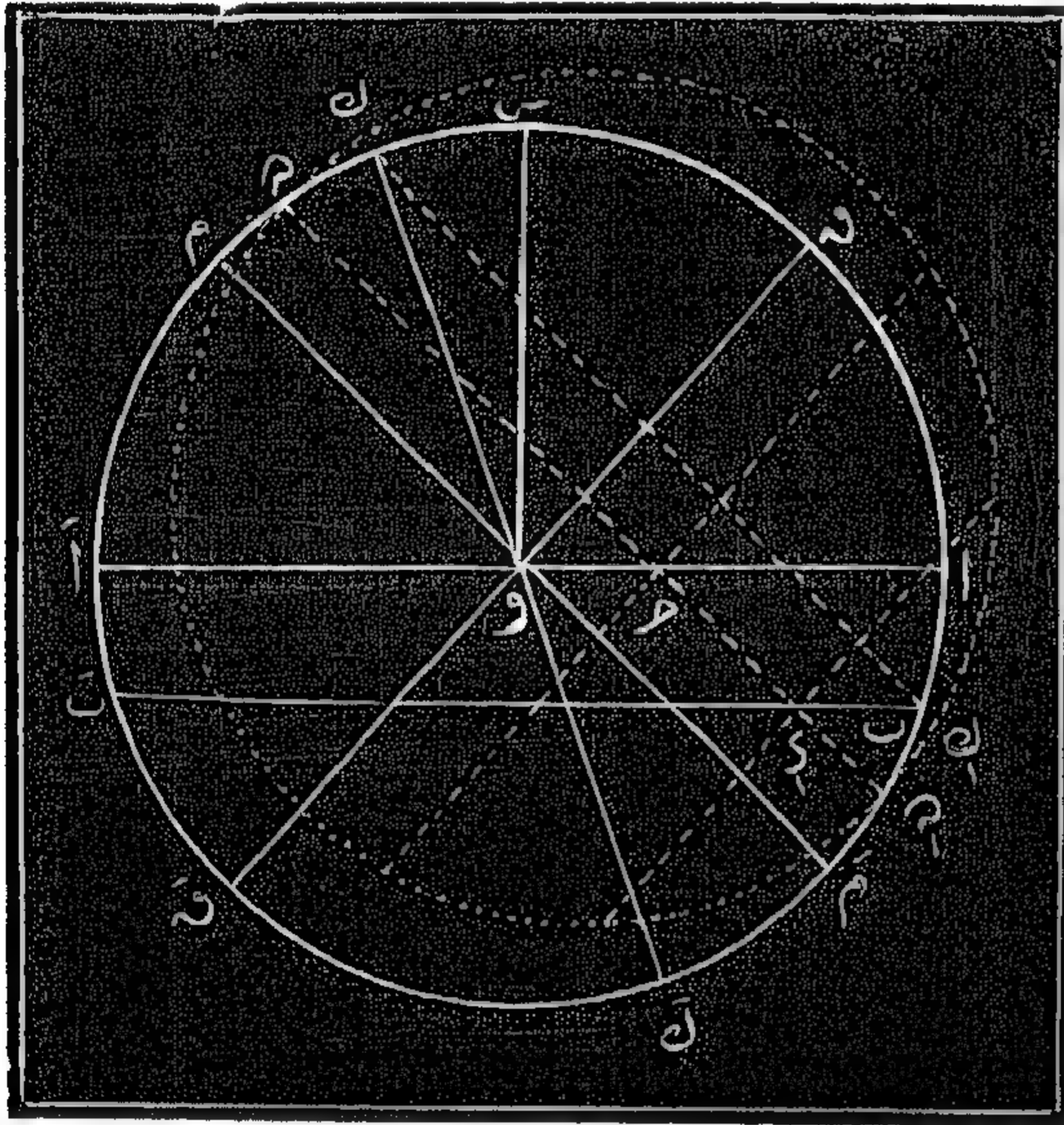
١١٧ - النهاية العظمى والنهاية الصغرى لمدد النهار والليل في عروض مختلفة -  
من الجدول الآتى تبين لك مدد أطول الأيام وأقصر الليالى لجـله عروض محصورة بين الدائرتين القطبيتين

عروض	مدة أطول نهار أو أطول ليل	مدة أقصر نهار أو أقصر ليل
٥ ٠	د س	د س
٠٠ ٠٠ خط الاستواء	١٢ ٠٠	١٢ ٠٠
١٥ ٠٠	١٢ ٥٣	١١ ٧
٢٧ ٣٣ مدار	١٣ ٢٧	١٠ ٣٣
٣٠ ٠٠	١٣ ٥٦	١٠ ٤
٤٥ ٠٠	١٥ ٢٦	٨ ٣٤
٦٠ ٠٠	١٨ ٣٠	٥ ٣٠
٦٦ ٣٣ دوائر قطبيه	٢٤ ٠٠	٠٠ ٠٠ دوائر قطبيه

١١٨ - الشفق - مدة النهار التى تكلمنا عليها تتغير بسبب الظاهرة المعروفة باسم شفق أو فجر وليبيان هذه الظاهرة نقول أنه عندما تكون الشمس تحت افق الراصد لا يصل اليه أدنى شعاع مستقيم لكن الاجزاء العليا من الجو تكون مستضيئة مباشرة ولما كان شأن العناصر الغازية أن تعكس في جميع الجهات الضوء الذى تتلقاه فينشأ عن هذا التفرق نور قليل يسمى الشفق أو الفجر على حسب كون الظاهرة في المساء أو في الصباح

ولابن ما يكون بعد غروب الشمس فنقول انه بمجرد غروبها تأخذ الطبقة الشفقية الناصلة  
أجزاء الجو التي لم تزل تدخل فيها الاشعة عن الجزء الذي انقطع دخولها فيه في الانحطاط نحو  
الافق ولا يتبدى الليل الا من اللحظة التي فيها ينقطع وصول الاشعة الشمسية الى أي نقطة من  
منطقة الجو التي تعلو الافق وتكون الشمس وقتئذ على بعد قدره ١٨° وتحصل الظاهرة  
صباحاً في جهة عكسية فيبتدى الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق بقدر ١٨° ثم ترتفع  
الطبقة الفجرية شيئاً فشيئاً ويعقب النهار الليل

وحينئذ ينشأ عن الشفق زيادة في طول النهار من مدة الليل ومدة الشفق التي هي قليلة في خط  
الاستواء تأخذ في الازدياد بازدياد العرض لان الموازيات تأخذ في الميل شيئاً فشيئاً على الافق



ش ٤٩

ويسهل تعيين هذه المدة في  
محل ما بعملية رسمية ونحل  
المسئلة بجعل مصر محلاً  
للرصد مثلاً (شكل ٤٩)  
ونأخذ مستوى الشكل هو  
مستوى زوال المحل وليكن  
وسه الرأسي و ق ق خط  
القطبين و م م و آ آ  
أثر مستوى دائرة المعدل  
ومستوى الافق على  
مستوى الشكل فيما ان  
القوس أ ب يساوي ١٨°

فمقد ب ب موازياً الى آ آ وليكن د د الموازي الذي ترسمه الشمس في يوم معين فمدة  
الشفق تطابق بداهة للزمن المستعمل بالشمس لقطع قوس الموازي المنسقط في ح ح فإذا ادير  
مستوى الموازي حول د د حتى ينطبق على مستوى الشكل يتحصل بسهولة على النسبة  
بين القوس المنسقط في ح ح وبين المحيط بتمامه ومقدار هذه النسبة يكون مبيناً لمدة الشفق  
مقدرة بكسور من اليوم وهذه المدة ليست واحدة في الايام المختلفة من السنة لان الاقواس  
المرسومة بالشمس بين الافق والدائرة ب ب ولأن مساقطها متساوية لكنها غير متساوية  
ودرجها ليس واحداً وتصل مدة الشفق في المحرسة الى ساعة ونصف.



فإذا فرض أن محل الرصد عرضه  $٤٩^{\circ} ٥٠'$  أي باريس مثلاً ففي الانقلاب الصيفي يستمر الشفق طول الليل أي لا ينتهي الشفق الا ويظهر الفجر ولا يوجد دليل في مثل هذا المحل في ذلك اليوم وذلك لأن البعد  $٩٠^{\circ}$  يكون مساوياً إلى  $١٩^{\circ} ٢٧' ٢٣''$  وحيث أن الشمس في الانقلاب الصيفي ترسم الموازي لك وكان عرض البلد  $٤٩^{\circ} ٥٠'$  يكون

$$\text{ك} = \text{و} = \text{ك} = ٤١^{\circ} ٥٢' ٦'' \text{ والقوس } \text{و} = ٤٩^{\circ} ٥٠' ٤٨''$$

$$\text{ك} = \text{و} = \text{ك} = ١٧^{\circ} ٤١' ٥٢'' \text{ فيكون}$$

وفي ذلك اليوم لاتصل الشمس الموازي الموضوع على بعد  $١٨^{\circ}$  تحت الافق وعاليه لا ينتهي الشفق حتى يظهر الفجر

## الفصل السابع

### الفصول الفلكية

١١٩ - الفصول الفلكية - تنقسم السنة إلى أربعة أزمان أي فصول يحدها الاعتدالان والمنقلابان وهي الربيع ويبتدئ من الاعتدال الربيعي وينتهي بالمنقلاب الصيفي والصيف ويبتدئ من الانقلاب الصيفي وينتهي بالاعتدال الخريفي والخريف ويبتدئ من الاعتدال الخريفي وينتهي بالمنقلاب الشتوي والشتاء ويبتدئ من الانقلاب الشتوي وينتهي بالاعتدال الربيعي

والمحطات المضبوطة لمبادئ الفصول الأربعة تختلف من سنة إلى سنة ولكن بين حدود ضيقة جداً وهالك مدد الفصول لسنة ١٨٨٩ بالنسبة للمحروسة ومبادئها

أول فصل الربيع ١٩ مارس  $٥٦^{\circ} ٢٣'$  (زمن وسطى فلكي)

أول فصل الصيف ٢٠ يونيو  $١٥^{\circ} ٢٠'$  ( » » » )

أول فصل الخريف ٢٢ سبتمبر  $٥٩^{\circ} ٠٤'$  ( » » » )

أول فصل الشتاء ٢٠ ديسمبر  $٠٨^{\circ} ٢٣'$  ( » » » )

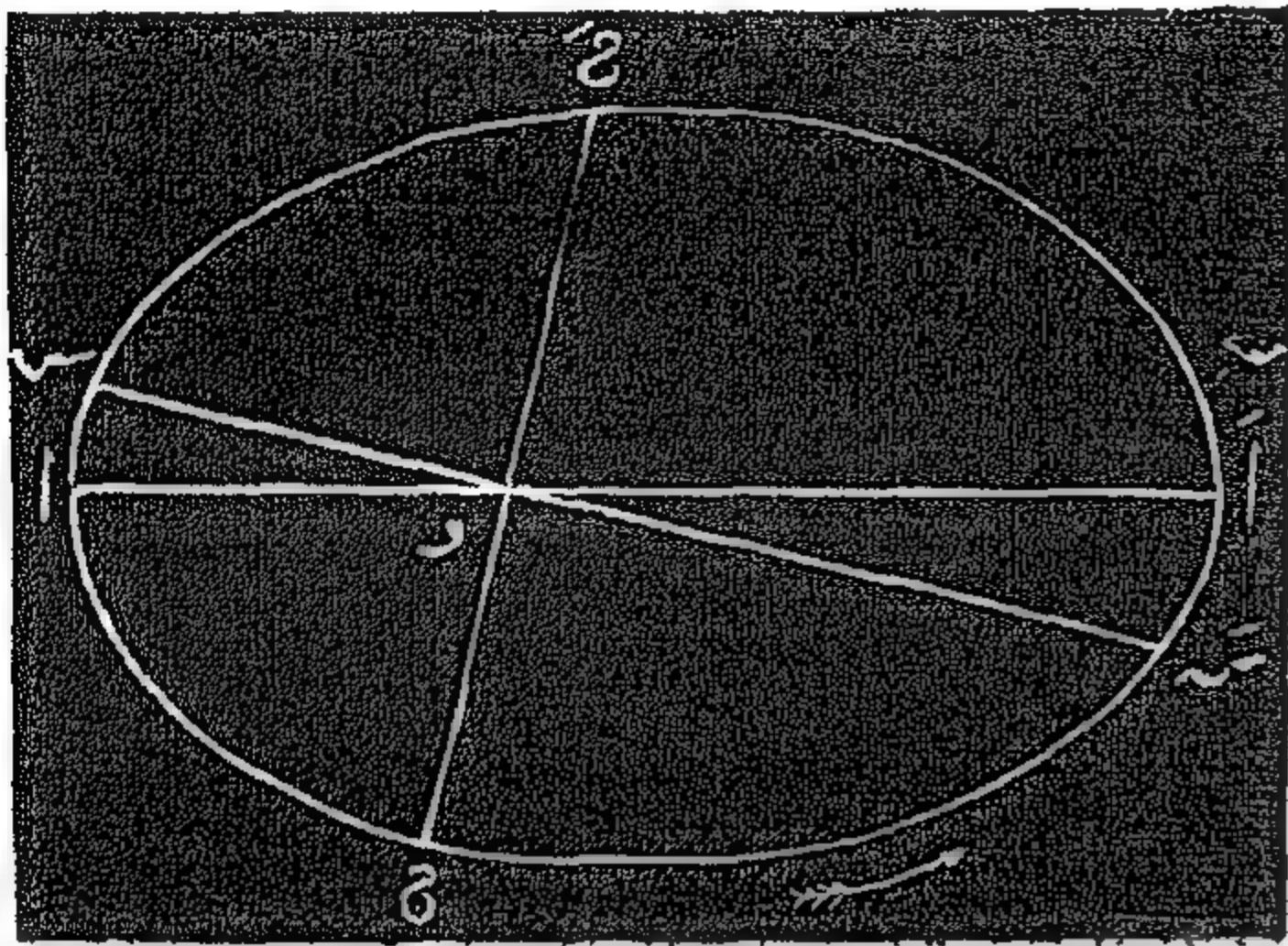
مدة الربيع ١٩ د ٢٠ س ٩٢ يوم

مدة الصيف ٤٤ د ٠٨ س ٩٣ يوم

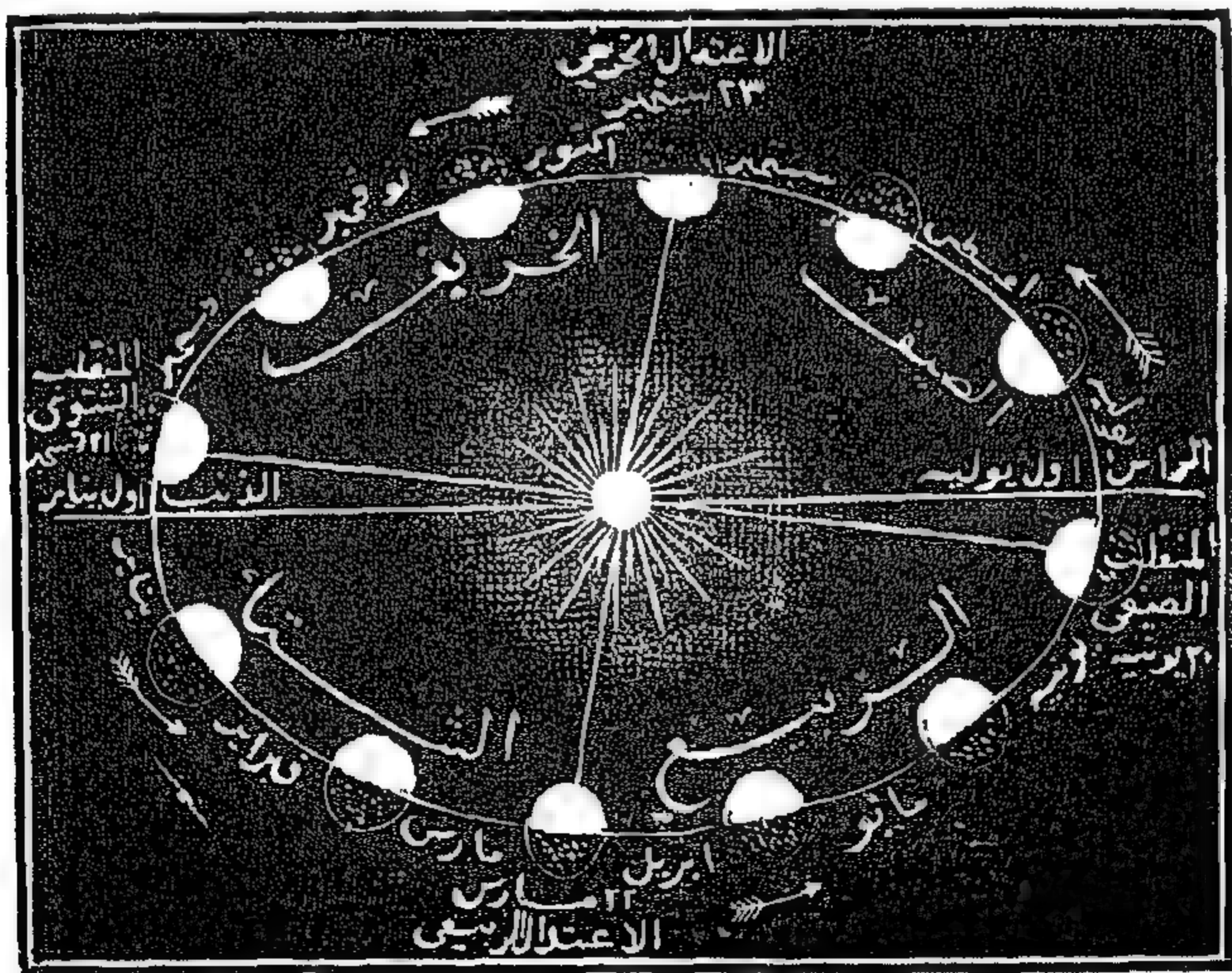
مدة الخريف ٠٩ د ١٨ س ٨٩ يوم

مدة الشتاء ٤٨ د ٠٠ س ٨٩ يوم

١٢٠ - عدم تساوى الفصول الفلكية - يرى من هذا الجدول ان الصيف هو أطول الفصول وان الشتاء أقصرها وسبب عدم تساوى الفصول ناتج عن قاعدة المساحات وعن ميل خط الرأس على خط المنقلمين لانتاذا نظرنا الى (شكل ٥٠) نرى ان نصف القطر البورى وع



سَوَّحَ أَكْبَرُ مِنْ سَوَّحٍ وَبَنَاءٌ عَلَى قَانُونِ الْمَسَاحَاتِ يَكُونُ الزَّمَنُ الْمُسْتَعْمَلُ بِالشَّمْسِ لِرَسْمِ الْقَوْسِ سَوَّحَ أَكْبَرُ مِنَ اللازِمِ لِرَسْمِ الْقَوْسِ سَوَّحَ وَأَيْضًا الزَّمَنُ اللَّازِمُ لِقَطْعِ الْقَوْسِ سَوَّحَ أَكْبَرُ مِنَ اللَّازِمِ لِقَطْعِ الْقَوْسِ سَوَّحَ أَيْ إِنْ الْخَرِيفَ أَطْوَلُ مِنَ الشِّتَاءِ وَالصَّيْفَ أَطْوَلُ مِنَ الرَّبِيعِ وَأَيْضًا حَيْثُ أَنْصَفِي الْقَطْرَيْنِ الْبُورَيْنِ وَسَوَّحَ أَصْغَرُ مِنْ وَحَّ وَسَوَّحَ عَلَى التَّنَاطُرِ فَإِذَا دَوَّرْنَا الْقَطَاعَ سَوَّحَ حَوْلَ مَنْصَفِ الزَّائِفَتَيْنِ سَوَّحَ وَسَوَّحَ حَتَّى يَنْطَبِقَ عَلَى الْقَطَاعِ سَوَّحَ يَرَى أَنَّ الْأَوَّلَ قَدْ انْخَصَرَ فِي الثَّانِي وَمِنْهُ يَسْتَنْجِ أَنَّ الرَّبِيعَ أَطْوَلُ مِنَ الْخَرِيفِ وَحِينَئِذٍ يَكُونُ تَرْتِيبُ الْفُصُولِ بِالنِّسْبَةِ لِأَطْوَالِهَا كَذَلِكَ صَيْفٌ . رَّبِيعٌ . خَرِيفٌ . شِتَاءٌ وَ(شَكْل ٥١) يَبِينُ اتِّعَالُ الْأَرْضِ حَوْلَ الشَّمْسِ وَتَرْتِيبُ الْفُصُولِ بِالسَّنَةِ لِبَعْضِهَا



مش ۵۱

١٢١ - الفصول الجوية - الفصول الفلكية المذكورة هي أزمنة ذات طباع متميزة بالنظر الى حرارة المحلات المختلفة من الارض  
فبالنسبة لنصف الكرة الشمالي يكون فصل الشتاء هو أبرد الفصول والصيف هو أشدّها.  
حرارة والخريف والربيع معتدلان  
وأما في نصف الكرة الجنوبي فالربيع والصيف هما فصلان البرودة والخريف والشتاء هما فصلان الحرارة ويتضح هذا التخالّف الحاصل في نصفي الكرة الأرضية بمعرفة الاسباب الفلكية لتغيرات درجة الحرارة

١٢٢ - اذا اعتبرت الكرة الأرضية بأكملها فكديّة الحرارة التي تتلقاها من الشمس تتعلق ببعد الكوكبين عن بعضهما وتغير بناء على ذلك بتغير البعد المذكور فتبلغ النهاية العظمى في الحضيض وحيث أن المحور الأكبر للمدار يقسم المنحنى الى جزأين متساويين تقطعهما الأرض في مدتين متساويتين فينتج من ذلك أن الكرة الأرضية تتلقى من الشمس كميات متساوية من الحرارة في مدة كل من هذين النصفين من السنة  
والارضادتين أن الحرارة المنتوسطة للأرض ثابتة تقريبا وانها لم تتغير تغيرا محسوسا منذ ألاف من السنين ويلزم من ذلك أن الارض تنفذ كل سنة بالتشعع في الفراغ جميع الحرارة التي تتلقاها من الشمس

١٢٣ - تأثير ارتفاع الشمس على شدة التشعع - قد ذكرنا فيما تقدم أن تغير بعد الشمس عن الأرض يغير كمية الحرارة التي تكتسبها الأرض لكن ذلك التغير لا يكفي لبيان التغيرات العظيمة التي تعترى درجة الحرارة في محل معلوم في الاوقات المختلفة من السنة ولا لايضاح عدم تساوي توزيع درجة الحرارة على العروض المختلفة بل هنالك أسباب أخرى تنقسم الى قسمين أحدهما يتعلق بالتركيب الطبيعي للأرض وجوّها والاخر بالتفاوت الفلكية ونحن نتكلم على هذا القسم الأخير

فهذا القسم يحتوي على سببين فلكيين أصليين يعينان شدة الحرارة التي ترسلها الشمس نحو نقطة معلومة من سطح الكرة الأرضية ومنهما تنتج درجة الحرارة المتوسطة ليوم في زمن معلوم وهذا السببان هما أولا ارتفاع الشمس وقت الزوال فوق الافق وثانيا المدة التي تستغرقها لقطع قوسها اليومي

ويبرهن في الطبيعة على انه اذا وجد سطح مستو أمام ينبوع حراري فشدّة الحرارة الساقطة عليه تزداد كلما قرب السطح من أن يكون عموديا على الاشعة الحرارية. وحينئذ في أثناء شروق



الشمس تأخذ الأرض النهاية الصغرى من الحرارة ثم تسخن شيئاً فشيئاً كلما ارتفع قرص الشمس وقل ميل الأشعة بسبب الحركة اليومية وعند منتصف النهار تأخذ النهاية العظمى من الحرارة ثم تبدى في النقص لغاية ساعة الغروب

وبمقارنة يومين في وقتين مختلفين من السنة بالنسبة لميل الأشعة الشمسية نجد أن مقدار الحرارة في محل معلوم في كل من هذين اليومين يتعلق بالارتفاع الذى تصل اليه الشمس في وقت الظهر وهذا الارتفاع يتغير بتغير الفصول (١) فيزداد من الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي ثم يتناقص من المنقلب الصيفي الى الاعتدال الخريفي ويصل نهايته الصغرى في المنقلب الشتوي ثم بعد ذلك يمر في فصل الشتاء بجميع المقادير التي كانت له في فصل الخريف لغاية الاعتدال الربيعي

١٢٤ - تأثير مدة اليوم - كما أن درجة الحرارة تتعلق بارتفاع الشمس فوق الأفق تتعلق مدة اليوم أعني أن درجة الحرارة تتعلق أيضاً بطول النهار وهذا الطول يزداد في محل معلوم بزيادة ارتفاع الشمس وقت الزوال ويتحدد السببان ويجعلان فصلي الشتاء والخريف باردين والصيف والربيع حارين لكن ذلك عكس الجارى في نصف الكرة الجنوبي لانه في العرضين المتساويين والمتضادين تتغير ارتفاعات الشمس وقت الزوال في جهة عكسية وكذلك المدد النسبية للأيام والليالي ففيه الخريف والشتاء هما فصلا الحرارة والربيع والصيف فصلا البرودة

١٢٥ - تغيرات درجة الحرارة بحسب العروض - جميع ما ذكر بخصوص درجة الحرارة لمحل معلوم يتضح منه عدم تساوى توزيع كمية الحرارة على حسب العروض فالمنطقة الحارة المحصورة بين خط الاستواء والمدارين تشتمل على المحلات التي درجة حرارتها السنوية المتوسطة أكبر مما يمكن وفيها تختلف طبيعة الفصول قليلا وذلك لان فيها تحفظ الشمس بطول السنة ارتفاعا عظيما فوق الأفق وقد ذكرنا أن بين المدارين فقط تبلغ سمت الرأس وأشعتها تكون عمودية على سطح الأرض

وفي المنطقتين المعتدلتين يوجد فرق عظيم بين درجات الحرارة للفصول فان الشمس في المنقلب الشتوي يكون ارتفاعها قليلا وفي المنقلب الصيفي يكون عظيما وتقرّب من السمّت لكن الذى يميز هاتين المنطقتين عن المنطقة الحارة هو أن مدة الأيام في الفصول الشتوية أصغر من مدتها في الفصول الصيفية

(١) ارتفاع الشمس وقت الزوال يساوى لتمام عرض البلد زائد أو ناقص ميل الكوكب ففي المنقلبين يبلغ نهايته العظمى والصغرى وهما بالنسبة للقاهرة  $90^\circ \pm 27^\circ 23'$  أعني  $62^\circ 35'$  في المنقلب الصيفي و  $31^\circ 36'$  في المنقلب الشتوي

ثم أن المنطقتين الباردتين هما اللتان درجة حرارتهما أصغر من درجة حرارة المناطق الثلاث المتقدمة وذلك لأنهما مائتان على اتجاه الأشعة الشمسية في مدة الأيام الطويلة للربيع والصيف . وبغياب الشمس في مدة الليالي الطويلة للخريف والشتاء يتجمع الثلج والجليد ويجعل تلك الجهات غير قابلة للسكن

## الفصل الثامن

### التقويم

١٢٦ - التقويم - هو عمل جداول يعرف منها حساب السنين والأشهر والأيام وقد اختلف الأمم في كيفية حساب السنين لأن السنة الشمسية مركبة كما ذكرنا من أيام صحيحة وكسريوم فلم يبق على ذلك لتغيرت ساعة ابتداء كل سنة ولذلك ضرب قدماء المصريين صفحا عن الكسروا اعتبروا السنة مركبة من ٣٦٥ يوما فقط وقسموها إلى ١٢ شهرا كل شهر ٣٠ يوما ثم أضافوا إلى آخر كل سنة خمسة أيام تسمى بأيام النسيء والأشهر المصرية هي المستعملة الآن عند القبط وتسمى على التوالي . توت . بابه . هاتور . كيهك . طوبه . امشير . برمها . برمودة . بشنس . بوته . أبيب . مسرى .

١٢٧ - التصحيح أو التعديل اليوايوسى - هذه القاعدة وإن أمكن به إزالة الاختلاف الذى يقع فى ساعة ابتداء كل سنة إلا أنه يبقى مع استعمالها اختلاف آخر فى يوم الابتداء وذلك أنه لو فرضنا مرور الشمس بالاعتدال الربيعى فى ٢١ مارث فبعد أربع سنين تتجمع كسور الأيام المتروكة وتصير يوما كاملا فتمر حينئذ الشمس بالاعتدال المذكور فى ٢٢ مارث وبعد أربع سنين أخرى تمر به فى ٢٣ منه وهكذا ولا يخفى ما ينتج من ذلك من الخلاف فى الفصول واضطراب مواسم الزراعة ولما تنبه لذلك بوليوس قيصر روميه أمر الفلكى (سوسيجينوس) بعمل تعديل فابتدأ بضم ٦٧ يوما إلى السنة التى عمل فيها التعديل أعنى إلى سنة ٧٠٧ لروميا أو سنة ٤٧ قبل المسيح وكذلك قرر أنه فى كل أربع سنين تكون الثلاث الأولى ٣٦٥ يوما والسنة الرابعة ٣٦٦ وتسمى بالسنة الكبيسة والسنين العادية تسمى بسيطة وذلك بسبب الساعات الست التى تزيد بها المدة الحقيقية للسنة عن عدد الأيام الصحيحة وانتشرت هذه القاعدة فى جميع البلاد (١)

(١) تنبيه - حيث أن السنة الرابعة فى كل أربع سنين تكون كبيسة فيكفى لمعرفة السنين البسيطة والكيبيسة أن نقسم عدد سنين التاريخ على ٤ فإن قبل القسمة كانت السنة المطلوبة كبيسة ولا بسيطة مثلا ١٨٨٨ كبيسة و ١٨٨٩ بسيطة

١٢٨ - التعديل الجريجورى - ان القاعدة اليوليوسية جعلت السنة ٣٦٥ يوما و ٦ ساعات مع انها فى الحقيقة ٣٦٥ يوما و ٥ ساعات و ٤٨ دقيقة و ٥٠ ثانية أعنى ٣٦٥,٢٤٢٢١٧ يوما وسطيا وحينئذ فكل سنة يوليوسية تزيد عن المدة الحقيقية للسنة الفلكية بكسر من اليوم مساو الى ٠.٧٧٨٣ ر. أعنى ١١ دقيقة تقريبا وهذا الفرق ولو أنه صغير لكنه يزيد مع الزمن و يصير يوما كاملا فى كل ١٣٢ سنة وفى سنة ١٥٨٢ ميلادية قد وصلت هذه الزيادة الى عشرة أيام فأمر (البابا جريجورى ليليو) البابا أن يصلح هذا الخلل فأسقط ١٠ أيام من تلك السنة بجعله الخامس من شهر اكتوبر الخامس عشر ثم لعدم تكرر هذا الخطأ لاحظ ان الفرق السنوى المذكور هو ١١ دقيقة يصير ١٨ ساعة تقريبا فى كل مائة سنة وثلاثة أيام فى كل اربعمائة سنة فوجب اذن طرح ثلاثة أيام من كل اربعمائة سنة فأضاف الى القاعدة اليوليوسية قاعدة أخرى وهى ان كل ثلاث سنين مئتين عوضا عن أن تكون كبيسة تكون بسيطة والرابعة تبقى كبيسة وهلم جرا والمراد بالسنة المئتين ما ينتهى عدد التاريخ فيها بصفرين مثالها ١٦٠٠ ولزيادة السهولة اتفقوا على أن السنة المئتين الكبيسة هى التى عددها يقبل القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٦٠٠ كبيسة و ١٧٠٠ و ١٨٠٠ و ١٩٠٠ بسيطة

وقد قبل هذا التعديل جميع الامم ماعدا المسكوف والاروام والاقباط فانهم بقوا على التعديل اليوليوسى ولذلك نرى فرقا ١٢ يوما ما بين حسابهم وحساب الافرنج ١٠ منها هى الايام التى أسقطها جريجورى والاثنان ناشتان عن جعلهم سننى ١٧٠٠ و ١٨٠٠ كبيستين والافرنج جعلوهما بسيطتين

ومع ذلك فلا يزال يوجد بين مدة السنة الفلكية والمتخذة فى التقويم الجريجورى للسنة المدنية فرق يبلغ ربع يوم تقريبا كل عشرة قرون أو الى يوم صحيح كل ٤٠٠٠ سنة بحيث يجب ان يضم يوم اسنة ٥٥٨٢ لاجل تعديل تجمع الخطأ القليل جدا

١٢٩ - مبدأ السنة - مبدأ السنة قد تغير كثيرا أيضا فانه كان عند طائفة من الاروباوين هو اليوم الاول من شهر مارث وعند آخرين ٢٥ دسمبر وآخرين بين ٢٢ مارث و ٢٥ ابريل

واخيرا أصدر (كرلوس) التاسع أمرا لوكياسنة ١٥٦٤ يجعل مبدأ السنة هو اليوم الاول من شهر يناير وفى الوقت الذى وضعت فيه فى فرنسا القاعدة المترية الجديدة أراد العلماء الذين كانوا مشغولين بهذا الامر جعل مبدأ السنة المدنية موافقا لمبدأ السنة الفلكية يجعل



يوم الاعتدال الخريفي هو أول السنة حيث ان هذا اليوم كان موافقا لليوم الذي تأسست فيه الجمهورية الفرنسية.

١٣. - الأشهر والاسبوع - تنقسم السنة الى نوعين من الأقسام هما الشهر والاسبوع وكلاهما منسوب لحركة القمر فالشهر مقداره ٢٩,٥٢ يوما في الحقيقة والمدة المتوسطة للشهر هي ٣٠ يوما وكل وجه من أوجه القمر كما سيأتي يعادل سبعة أيام وهي مدة الاسبوع

وتحتوي السنة المدنية (الشمسية) كما لا يخفى على ١٢ شهرا هاهي أسماءها ومدها

أسماء الأشهر	عدد الايام	أسماء الأشهر	عدد الايام	أسماء الأشهر	عدد الايام
يناير....	٣١	مايو....	٣١	سبتمبر....	٣٠
فبراير....	٢٨ أو ٢٩	يونيه....	٣٠	أكتوبر....	٣١
مارث....	٣١	يوليه....	٣١	نوفمبر....	٣٠
ابريل....	٣٠	أغسطس..	٣١	دسمبر....	٣١

وأما أسماء أيام الاسبوع باللغة الافرنجية فأخوذة جميعها ما عدا يوم الاحد الذي كان مخصصا للشمس من أسماء السيارات التي كان الرومانيون مخصصين لها الساعة الاولى من كل يوم وأسماءها باللغة العربية هي . الاحد . الاثنين . الثلاثاء . الاربعاء . الخميس . الجمعة . السبت .



## الباب الرابع الشمس

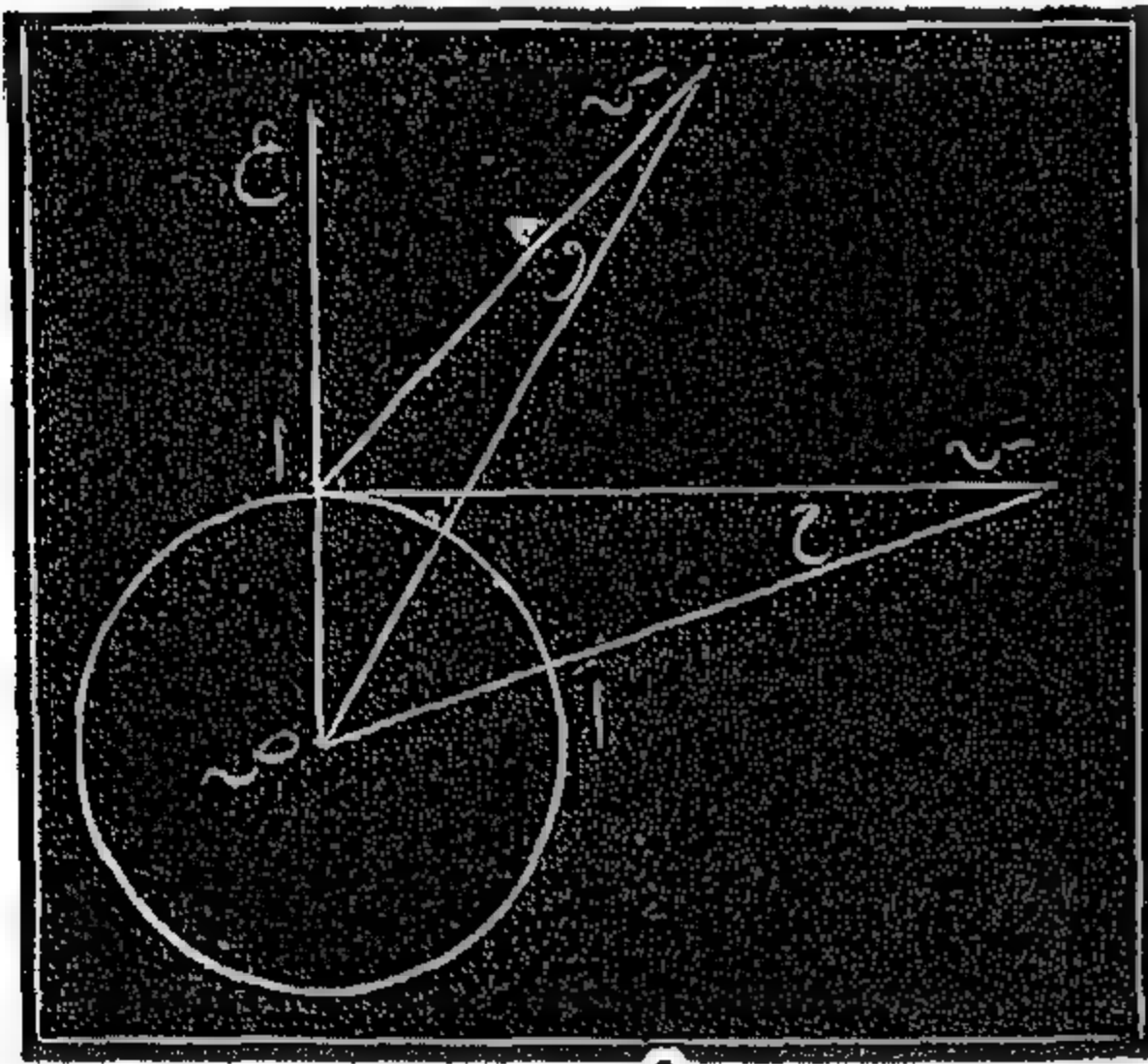
### الفصل الأول

شكل الشمس - اختلاف المنظر - بعد الشمس عن الأرض -  
النسبة بين حجم الشمس والأرض

١٣١ - شكل الشمس - قرص الشمس مستدير ويظهر ذلك للعين العارية حينما يكون ضوءها الشديد محجوباً بطبقة من السحاب أو من الضباب والاقيسة الميكرومترية المتعددة قدأ كدت التساوى التام بين جميع أقطاره

وسيتبين أن الشمس حركة دورانية حول نفسها تظهر لنا جميع أوجوهها ونراها مستديرة فيكون شكلها كروياً ليس به انبعاج ظاهر البتة

١٣٢ - اختلاف المنظر - يسمى اختلاف منظر كوكب بالنسبة لنقطة من سطح الأرض الزاوية التي علمها يرى الراصد الموجود في مركز الكوكب نصف قطر الأرض الواصل إلى



ش ٥٢

النقطة المعتبرة من سطح الأرض (شكل ٥٢) وليكن مثلاً س و صه من كرى الشمس والأرض وان ا نقطة ما من سطح الأرض فالمستوى المار بالنقط الثلاث صه و س و ا يقطع الأرض التي نفرضها هنا كروية في دائرة عظيمة وبناء على التعريف تكون الزاوية صه س ا = ف هي اختلاف منظر الشمس بالنسبة للنقطة ا

فاذا كانت الشمس في سة على المماس من نقطة ا أعنى في أفق نقطة ا فاختلاف المنظر في هذه الحالة يسمى اختلاف المنظر الأفقي وفيما عدا ذلك من الأوضاع يسمى اختلاف منظر الارتفاع وبالحساب وجد ان اختلاف المنظر الأفقي المتوسط للشمس هو ٨٨ ر ٨

١٣٣ - بعد الشمس عن الارض - بمعرفة اختلاف المنظر الافقي للشمس وهو  
 اسـ صـ يمكن معرفة سـ صـ الذي هو بعد الشمس عن الارض من القانون  $s = \frac{p}{\sin \theta}$  (١)  
 الذي فيه  $\theta$  يدل على طول قوس  $88^\circ$  في دائرة نصف قطرها هو الوحدة ويكون

$$s = \frac{p}{\sin \theta} = \frac{88 \times p}{\sin 88^\circ} = \frac{88 \times p}{0.99939} \approx 88.04 p$$

(١) اذ امر بالحرف  $\theta$  لاختلاف منظر كوكب موجود في سـ وبحرف سـ لبعده  
 السمتي في هذا الوضع وبالحرف  $\theta$  لاختلاف المنظر الافقي له و  $\theta$  نصف قطر الارض  
 و  $s = \frac{p}{\sin \theta}$  فن مثلث صـ اسـ القائم الزاوية يحدث  
 $\sin \theta = \frac{p}{s}$

وحيث ان الزاوية  $\theta$  صغيرة جدا يكون

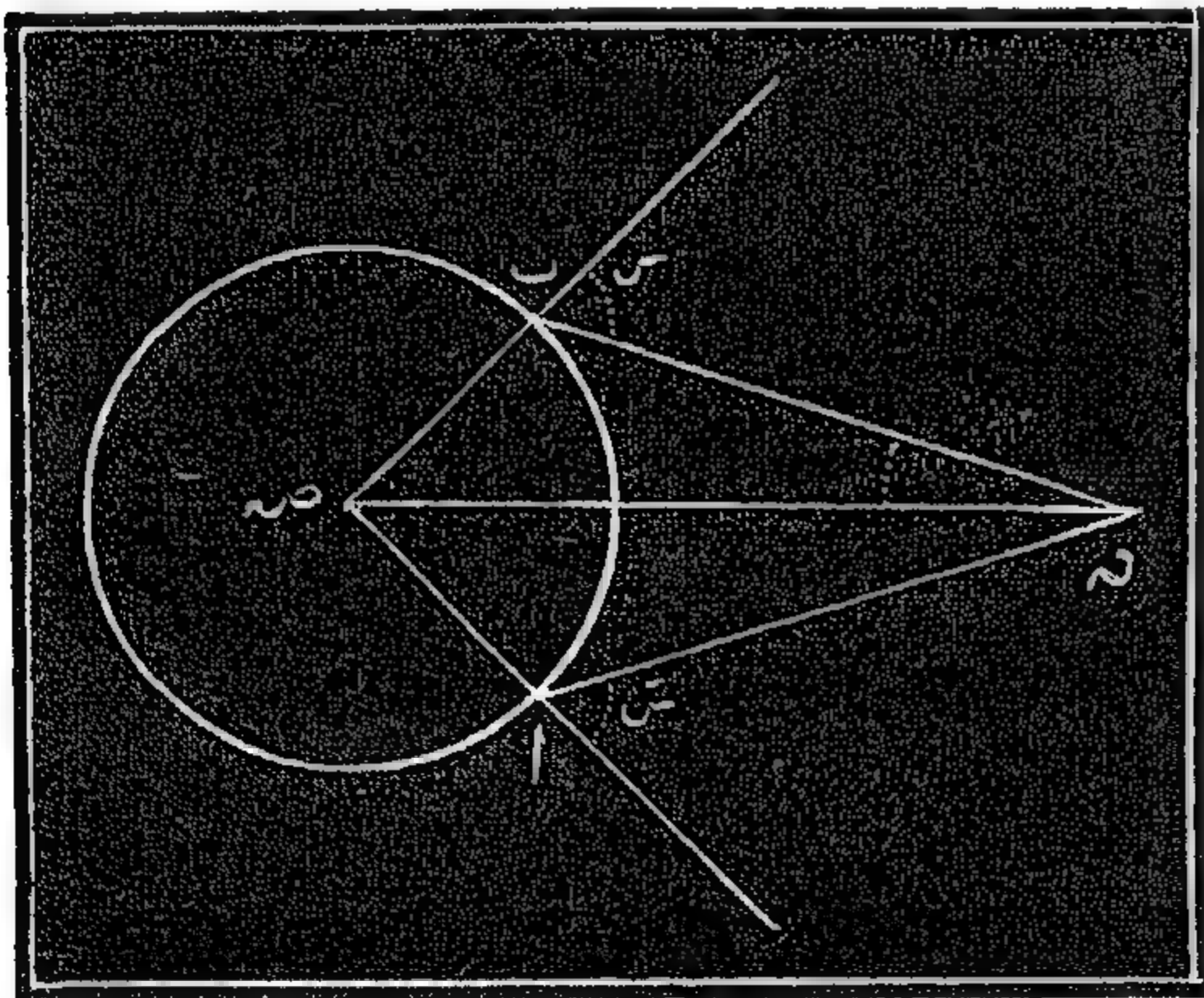
$$\sin \theta \approx \theta$$

ومن مثلث صـ اسـ المائل الزاوية يحدث

$$\frac{p}{s} = \frac{\sin \theta}{\sin \phi} \quad \text{أو} \quad \frac{p}{s} = \frac{\sin \theta}{\sin \phi}$$

وذلك بتعويض الجيب بقوسه وبسوية مقداري  $\theta$  ببعضهما يحدث  
 $p = s \sin \theta$

ويلزم حينئذ تعيين اختلاف المنظر الافقي  $\theta$  وقد سلك المعلم (لاند) والمعلم (لاكاي)  
 الطريقة العمومية الآتية لتعيين اختلاف منظر القمر والزهرة والمريخ وذلك انهما وجدوا على



ش ٥٣

خط جانبي واحد وأولهما في برلين  
 والثاني في رأس عشم الخير وليكن  
 ا و ب هما النقطتان المذكورتان  
 (شكل ٥٣) اللتان عرضهما  $\theta$  و  $\phi$   
 مثلاً فالارض ا و ب المذكوران قاسا  
 البعدين السمتيين سـ و سـ  
 وقت مرور الكوكب بمستوى الزوال  
 فن المثلثين ا صـ و ب صـ  
 يحدث

$$p = s \sin \theta \quad \text{و} \quad p = s \sin \phi$$



أى ان بعد الشمس عن الارض يزيد عن نصف قطار الارض ٢٣٠٠٠ مرة وحيث ان نصف القطر المذكور يساوى ٦٣٧٧ كيلومترا يكون بعد الشمس عن الارض ٣٨٠٠٠٠٠٠ فرسخا تقريبا والضوء الذى سرعته ٣٠٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا فى الثانية يستغرق ثمان دقائق وبعض ثوان لقطع البعد المذكور

و يجمع هاتين المتساويتين يحدث

$$ف + ف = س + س - (ع + ع)$$

ثم نعلم ان

$$ف = ح حاسه \quad و \quad ف = ح حاسه$$

ويحدث

$$ف + ف = ح (حاسه + حاسه)$$

أو

$$ف + ف = ٢ ح حاسه (س + س) حاسه (س - س)$$

وبتسوية مقدارى ف + ف يحدث

$$٢ ح حاسه + س = حاسه + س = س + س - (ع + ع)$$

ومنه

$$ع = \frac{س + س - (ع + ع)}{٢ ح حاسه + س - حاسه - س}$$

ومتى اريد معرفة حركات الكواكب لزم مقارنة الارصاد المعمولة على سطح الارض ببعضها ومعرفة ما توّل اليه لو كانت خاصة له من مركز الارض ومتى اشتغل بالزوايا السموية فليس لاختلاف المنظر تأثير عليها لان الكوكب الذى يظهر انه موجود فى مستوراى بالنسبة لراصد موجود فى نقطة من سطح الارض لا يزال موجودا فيه بالنسبة للراصد الموجود فى مركز الارض لكن متى اشتغل بالارتفاعات لا يكون الامر كذلك فان اختلاف المنظر ينقص ارتفاعات الكواكب بحيث يجب ان يضم لكل ارتفاع جرى رصده المقدار المطابق لاختلاف منظر الارتفاع فكما ان فعل الانكسار يزيد الارتفاعات كذلك اختلاف المنظر ينقصها فاذا رُصد بحرف س لارتفاع جرى رصده وبالحرف ف لاختلاف منظر الارتفاع وبالحرف ك لتصحيح المنسوب الانكسار يكون الارتفاع الحقيقى هو س + ف - ك



حيث يمكن اعتبار القوس والوتر متجدين وحيث يمكن اعتبار ضل ب مسقطا للقوس ض ا يحدث

$$\frac{\sqrt{a}}{b} = \frac{a}{b^2}$$

لكن

$$\text{قوس ض ا} = \frac{23300 \times \pi}{360,25738 \times 86400}$$

$$\text{ض ب} = 23300 \times 2$$

$$46600 = \pi$$

وحيث نذ يكون

$$\text{ض ب} = 2,945 \text{ مليمتر}$$

وحيث نذ فكل جسم موضوع على بعد من مركز الشمس يساوى نصف قطر الارض 23300 مرة يقطع في الثانية الاولى وهو واقع نحو الشمس مسافة قدرها 2,945 مليمتر ومعلوم أيضا ان كل جسم معرض لتأثير الثقالة على سطح الارض يقطع في مدة ثانية 4,9044 مترا فاذا فرض ان الجسم موضوع على بعد من مركز الارض أكبر بقدر 23300 مرة تصير المسافة المقطوعة أصغر بقدر 23300 مرة ويكون

$$\frac{4,9044}{23300} = 0,00021049 \text{ مليمتر}$$

والنسبة بين مجسم الشمس ومجسم الارض تبين بالمقدار

$$\frac{2,945}{0,00021049} = 13990$$

وقد توصلوا بطرق أضبط مما شرحناها الى 351341 وهو المتخذ اليوم بمعنى ان مجسم الشمس قدر مجسم الارض 351341 مرة

و ينتج مما ذكرناه انه اذا نسب الجذب على سطح الارض الى الجذب على سطح الشمس كان جذب الشمس مبينا بالمقدار

$$29,9 = \frac{351341}{(1084)}$$

وينتج من ذلك ان الجسم الذي يزن كيلوجراما واحدا على سطح الارض يزن 29,9 كيلوجراما على سطح الشمس



ومعلوم ان كثافة الجسم هي النسبة بين حجمه وفعلى ذلك اذا أخذت الكثافة المتوسطة للأرض وحدة تكون كثافة الشمس مبنية بالمتدار

$$0.274 = \frac{351241}{1280000}$$

وحيث ان الكثافة المتوسطة للأرض ٥٤٨ وه بالنسبة للماء فتكون كثافة الشمس هي ١٤٨ وهذا أكثر بتأليل من مادة الفحم الحجري وأقل من كثافة حمض الازوتيك

## الفصل الثاني

كائن الشمس - دوران الشمس حول نفسها

١٣٦ - استكشاف الكلف - سطح قرص الشمس شديد الضوء فلا يمكن رؤيته بدون واسطة ولذلك وضع الفلكيون على النظارات زجاجات سوداء أمكنهم بواسطتها فحص ذلك القرص ومعرفة ما فيه

فظهر من الارصاد أن قرص الشمس مكل بنقط صغيرة سوداء على شكل غير منتظم تسمى كائنا أوبقعا وأول استكشاف كان في سنة ١٦١١ بواسطة الفلكي (جيان فابريكيوس) و (غليلي)

١٣٧ - حركة دوران الشمس - مدتها - قد توصلنا باستكشاف الكلف الى معرفة أمر مفيد جدا وهو ان الشمس لها حركة دورانية حول أحد أقطارها

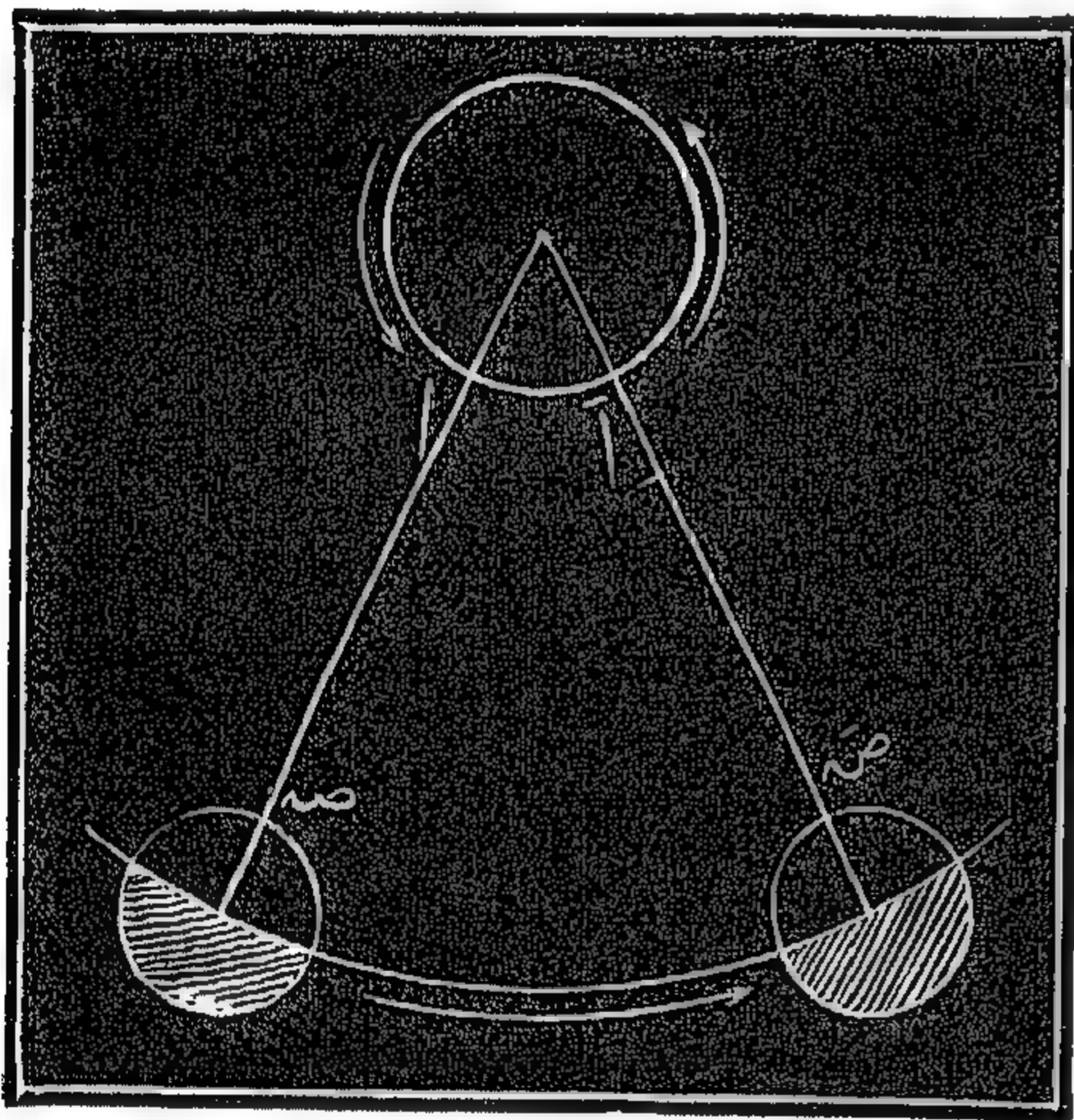
وذلك انه اذا رصدت بقعة في لحظة ظهورها على حافة الشمس الشرقية نرى انها تتقل شيأ فشيأ وتبعد عن الحافة المذكورة وتصل القسم المركزي ثم تقرب من الحافة الغربية وهناك تختفي ومثلها في ذلك سائر البقع وتحصل تلك الحركة في جهة واحدة وفي الغالب البقعة التي نظرت مارة على القرص بالكيفية المتقدمة تظهر بالثاني بعد زمن معلوم على الحافة التي كانت رصدت عليها في المبدأ وترسم من جديد قوسا على القرص مساويا للذي رسمته أولا وكان يظن في مبدأ الامر ان البقع هي أجسام صغيرة مظلمة تمر امام الشمس وقد بطل هذا الآن بمساعدة تغير السرعة الظاهرية لهذه الاجسام فان سرعة بقعة تكون صغيرة عند الحافة ثم تأخذ في الزيادة الى المركز ثم تنقص في النصف الثاني من خط السير وبأجراء تجلة أفيسة مضبوطة تأكد ان سرعة البقع تتغير كما لو كانت منسوبة الى نقط تتحرك بانتظام على سطح كرة (أعني ان السرعة الظاهرية تتغير بالنسبة الى الجيوب المعكوسة لاقواس الدوران)

وزيادة على ذلك فإن استدامة وجود حركات جولة تقع على سطح الكوكب لا يجيز لنا فرض أنها ناتجة عن أجسام مستقلة تتحرك على هذا السطح

ومن ذلك ينتج أن شكل الشمس الحقيقي كرة وانها تتحرك حركة منتظمة دورانية حول أحد أقطارها

وبرصد جولة تقع توصل الى تقدير مدة الدورة وتساوى ٢٥ يوما تقريبا (وهذا المبدأ النسبة للبقع التي تتحرك على دائرة المعدل الشمسية)

١٣٨ - تقدير مدة دورة الشمس - بين ظهورى بقعة على حافة واحدة من الشمس تمضى مدة قدرها ٢٧ يوما و ٤ ساعات تقريبا وهذه هي مدة الدورة الظاهرية لكن الدورة الحقيقية أقل من ذلك بيومين تقريبا وطريقة حساب ذلك أن نعتبر بقعة مثل أ (شكل ٥٥)



ش ٥٥

في اللحظة التي فيها تنطبق على مركز الشمس فيظهر لنا ان الدورة الكاملة تتم متى رجعت البقعة بعينها وشغلت النقطة المركزية بعينها وذلك بعد ٢٧ يوما و ٤ ساعات وحيث ان في مدة هذا الزمن تنتقل الارض على مدارها فتقسم قوسا من صـ وضعها الاصلى الى صـ وضعها الجديد فلا ترسم البقعة محيطا كاملا فقط بل زيادة عليه القوس أـ وتكون في الحقيقة قد اجرت زيادة عن دورة كاملة

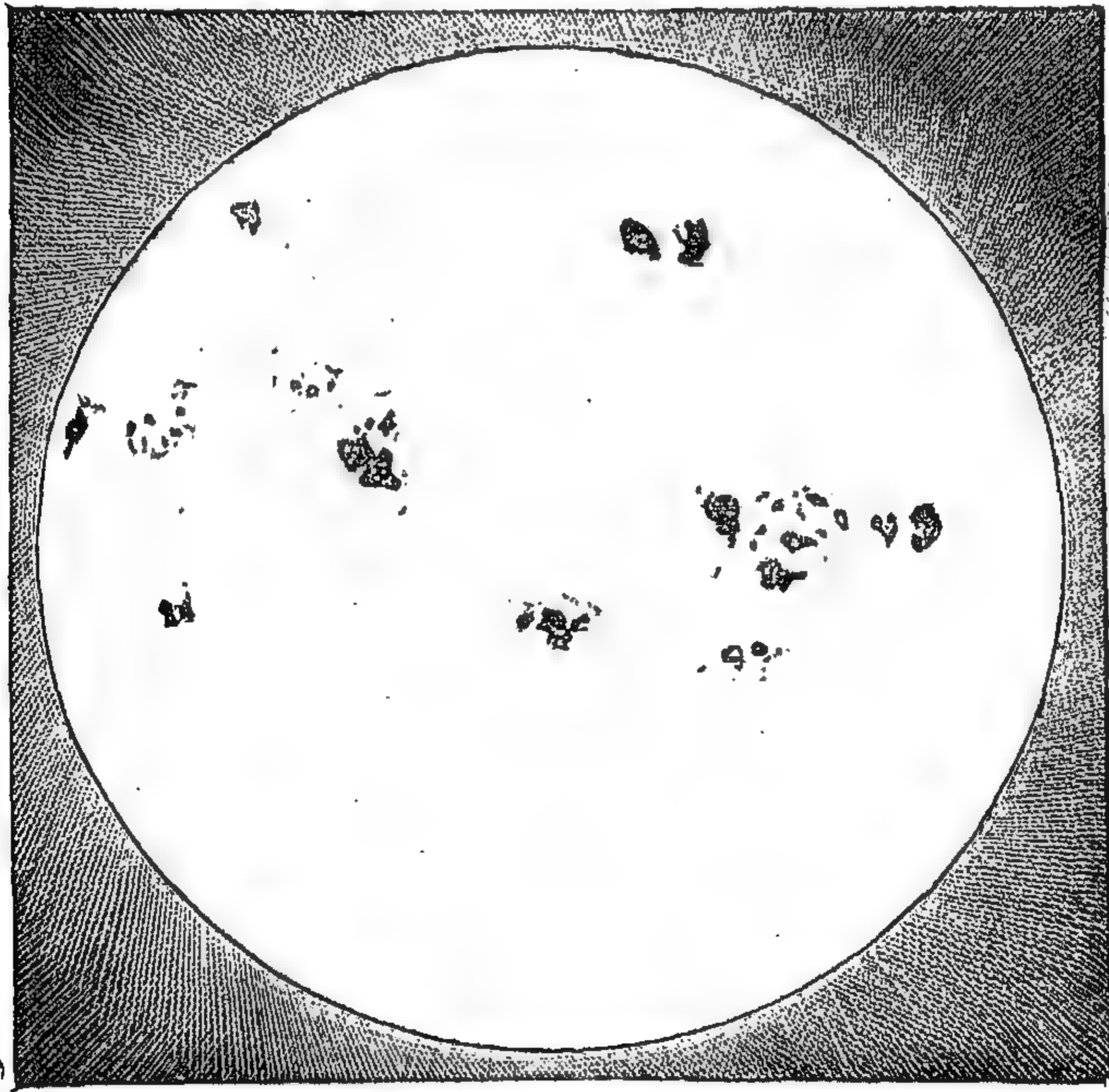
وبعبارة أخرى ان النقطة من سطح الشمس التي كانت مطابقة أولا لمركز القرص تبقى شرق النقطة الجديدة المركزية أـ وحينئذ تزيد المدة الظاهرية للدورة عن المدة الحقيقية بالزمن الذي تقطع فيه البقعة القوس أـ وحيث انه بين رجوعى البقعة أـ الى مركز الشمس تمضى مدة قدرها ٢٧,٥ يوما وان الارض في ظرف هذه المدة تنتقل من صـ الى صـ فنرى ان البقعة قد رسمت في ظرف هذه المدة ٣٦٠ + صـ صـ أو ٣٦٠ + أـ (وحيث ان الحساب هنا تقريبي يمكن فرض محور دوران الشمس ٤ ودا على مسة يوى الدائرة الكسوفية)

وبفرض ١١ معلوما والرمز بحرف سـ لمدة الدورة الحقيقية أو للزمن اللازم لان ترسم الشمس فيه ٣٦٠ يحدث

$$\frac{٣٦٠}{١١ + ٣٦٠} = \frac{س}{٢٧,٥}$$

وحيث ان الارض تقطع ٣٦٠ من الدائرة الكسوفية في ٣٦٥,٢٥٦٣٨ يوما شمسيا وسطيا فتقطع في ٢٧,٥ يوما قوسا مساويا الى  $\frac{٢٧,٥ \times ٣٦٠}{٣٦٥,٢٥٦٣٨}$  وبمعويض ١١ بمقداره واجراء الحساب يوجد أن سـ = ١٤ ساعة و ٢٥ يوم أو ٢٥ يوما ونصف تقريبا

١٣٩ - محل الكلف - كلف الشمس لا يظهر على جميع القرص فيوجد داخل منطقتين موضوعتين في جهتي دائرة المعدل الشمسية ولا تتجاوزا عرض ٤٥° (شكل ٥٦) ودائرة المعدل الشمسية مستويها يصنع زاوية قدرها ١٥° مع الدائرة الكسوفية

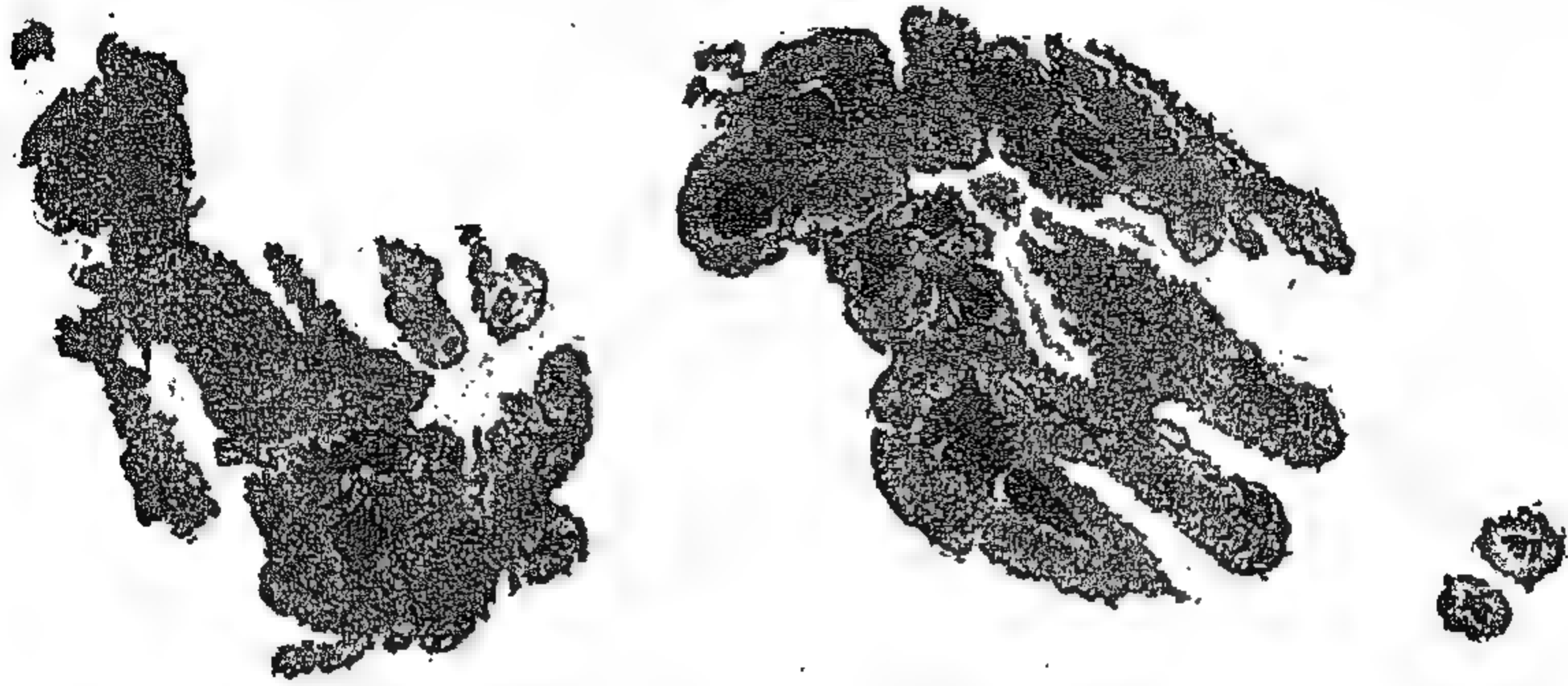


ش ٥٦

والبقع المذكورة للكلف تتغير في الشكل والابعاد معا وأحيانا يكون القرص خاليا من الكلف بالكلمة وفي أوقات أخرى تكون الكلفات كثيرة - حتى يرى منها نحو ثمانين مرة واحدة وأغلب الكلفات يظهر كشواة أو جـ له نوايات سودا مخاطة بجزء سنجابي يسمى شبه الظل



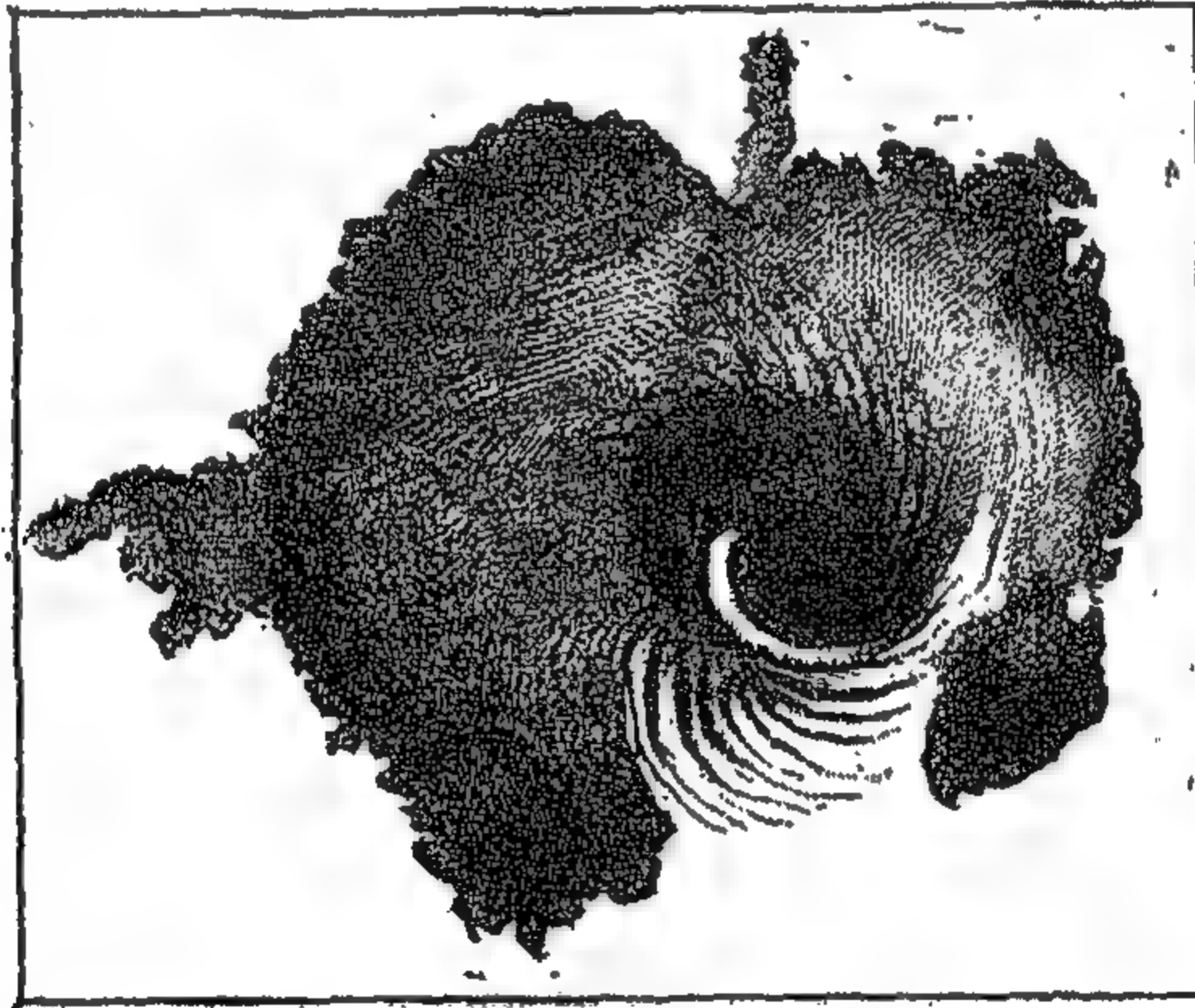
(شكل ٥٧ وشكل ٥٨) وقد تشاهد أحيانا نوايات بدون شبه ظل وشبه ظل بدون نوايات



ش ٥٨

ش ٥٧

وحول شبه الظل يظهر سطح الشمس أكثر اضاءة وابهى من باقى القرص وشكل البقع تارة مستدير منتظم وتارة غير منتظم وتارة يكون لها منظر دوامة جسمية (شكل ٥٩)



ش ٥٩

١٤٠ - البقع هي انخفاضات فوتوسفيرية - يسمى فوتوسفير السطح المنبسط الذى نرى عليه البقع ويبحث الكيفية التى يتغير بها شكل بقعة ما فى مدة ظهورها يتأ كد انهم امثل تجاوي ف نواتهم تكون القاع وشبه الظل يدل على الشوات وفوق الفوتوسفير تمتد طبقة مستمرة يظهر أنهم مكونة من غاز الايدروجين فى حالة الحرارة البيضاء وتسمى هذه الطبقة كروموسفير (أو الكرة الغازية) وتظهر فى حالة اضطراب مستديم وتخرج منها أشعة على صورة لهب يكون أحيانا ممرقبا جدا وهذه الاشعة والشوات التى تطرت اول مرة عند الكسوف الكلى للشمس يمكن رصدها الآن كل يوم بواسطة الاسبيكتروسكوب

١٤١ - فروضات على التركيب الطبيعي للشمس - ظواهر كلف الشمس كانت باعنا  
للمسألة فروضات على التركيب الطبيعي للشمس ولا يزال الفلكيون منقسمين في الرأي بخصوص  
هذه المسألة

فبناء على النظرية التي وضع مبادئها المعلم (ولسون) تكون الشمس مكونة من نواة مظلمة  
نوعاً محاطة بمجموعة غير منيرة بنفسه وهذا الجو محاط بطبقة غازية ملتهبة وهي ينبوع الضوء  
والحرارة للشمس

فاذا اعتبرنا هذا التركيب تكون ظواهر الكلف على الوجه الآتي وهوان طفحات بركانية  
تتخذ من النواة المركزية وتحدث من زمن إلى آخر ثقباً في الجووين فتكشف النواة المظلمة  
وتظهر الجوامع على الجوانب وبهذا تظهر النواة السوداء والغلاف السنجابي لشبه الظل  
والحواف الكثيرة الاضاءة الحادثة من تراكم المادة على الحواف الخارجية للفتحة  
وقد عطي على هذا الفرض في العصر الحالي الاكتشافات الجديدة والنظرية المنسوبة إلى  
المعلم (فاي) وهذه النظرية هي

١٤٢ - نظرية التكوين الطبيعي للشمس على رأي المعلم (فاي) - المعلم (فاي)  
يقول ان الشمس بأكملها عبارة عن كرة غازية نواتها الكثيفة جداً موجودة في درجة حرارة  
مرتفعة جداً والتبريد المتسبب من التشعيع الخارجى يحول الطبقات العليا إلى حالة درجة  
الحرارة البيضاء التامة بخلاف النواة التي هي أشد حرارة فانها تبقى مظلمة وجل العناصر الصلبة  
أو السائلة التي في درجة الحرارة البيضاء والتي تتراكم حينئذ على سطح الكوكب تكون الكرة  
الضوئية (الفوتوسفير) والابخرة التي تتصاعد منها والتي تحتفظ بدرجة حرارتها البيضاء  
بواسطة علو درجة حرارتها تكون الكروموسفير والنسوات وبالجملة فان التيارات الصاعدة  
والنازلة المنسوبة للسقوط المستديم للعناصر التي في درجة الحرارة البيضاء لاكثر كثافة من  
الطبقات الداخلية تحدث استضائات في المحيط الضوئي الخارجى ومن ذلك تحدث الكلفات  
التي هي ليست الا ثقباً في هذا الغلاف والتي تظهر مظلمة لانه يظهر منها اجزاء من النواة  
أقل نورا

١٤٣ - التكوين الكيماوى للشمس - الضوء والحرارة - تحليل الطيف أظهر  
بعض المواد الكيماوية المتكونة منها كتلة الشمس وهي الصوديوم والمغنيسيوم والحديد  
والنيكل والكروم والمنجنيز والنحاس والزنك والباريوم ويوجد في حالة أبخرة معدنية  
وأما الايدروجين فيوجد فيها بكثرة في الطبقات الكروموسفيرية

وضوء الشمس الذي تبعثه لنا على سطح الارض يقول (اراجوا) انه أشد من ضوء ١٥٠٠٠ شمعة ويقول أيضا انه على حسب قوة العمود الكهربي المستعمل يوجد أن الضوء الكهربي يختلف من خمس الى ربع ضوء الشمس

ويعني بذلك شدة الانوار المسقطه على سطح السماء مثلاً لا الاضاءة الكلية النسبية وأما مقارنة ضوء البدر بضوء الشمس فرأى (بوجي) ان ضوء الشمس يعدل ضوء البدر بقدر ٣٠٠٠٠٠ مرة ورأى (والستون) بقدر ٨٠٠٠٠٠٠ بمعنى انه يلزم ثمانمائة ألف بدر أو ثمانمائة ألف بدر في السماء لاجداث نهار مضيء كنهار الشمس في وقت صحو



## الباب الخامس

### في القمر

#### الفصل الأول

أشكال القمر - دورته النجمية ودورته الاقترانية

١٤٤ - القمر يصحب الارض في حركتها السنوية حول الشمس ويصنع حوالها جولة دورات في مستو ماثل على الدائرة الكسوفية بقدر خمس درجات تقريبا والمدار الذي يرسمه بهذه الكيفية قطع ناقص بوتره مركز الكرة الارضية واختلاف من كره  $\frac{1}{18}$  وحركة القمر حول الارض تتضح بظاهرتين أصليتين هما أولاً انتقال قرصه على القببة السماوية تدريجاً وثانياً الظواهر الخصوصية لهذا القرص المعروفة باسم أشكال القمر أو أوجهه

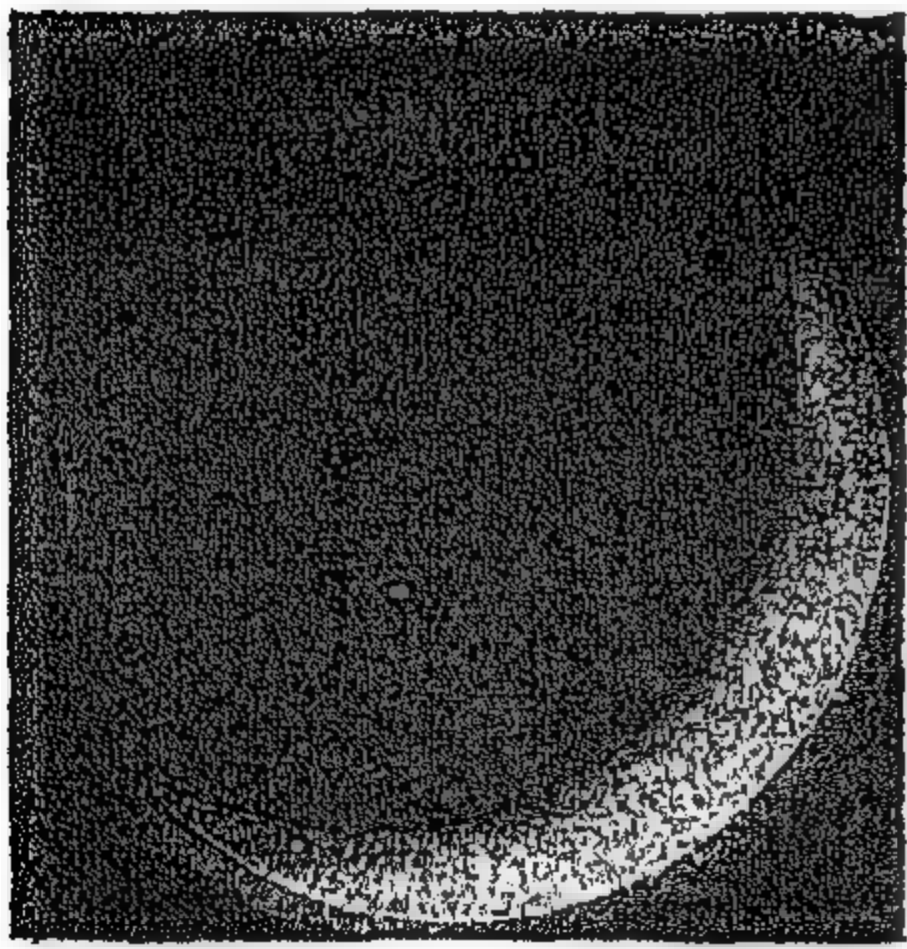
وفي الحقيقة يشترك القمر في الحركة اليومية لكنه ينتقل كالشمس فيما بين النجوم وهذا الانتقال سريع بحيث يدرك ليلا ويكفي لذلك تقدير بعد نجمة ما مجاورته عن الحافة التي هي أقرب اليها من القرص ففي قليل من الزمن يشاهد تغير هذا البعد ويتضح أن القمر ينتقل في السماء في اتجاه مصاد لا اتجاه الحركة اليومية بالضبط

١٤٥ - الدورة النجمية والدورة الاقترانية - الحركة المتوسطة للقمر في الطول أعني انتقاله الزاوي المنسوب للدائرة الكسوفية والنجمة مع علومة مقدار ١٠ ١٣ تقريباً في اليوم الوسطى و ينتج من ذلك انه يستغرق ٢٧ يوماً و ٨ ساعات الى أن يرجع الى نفس النجمة ويعطى لهذا الزمن اسم دورة نجمية

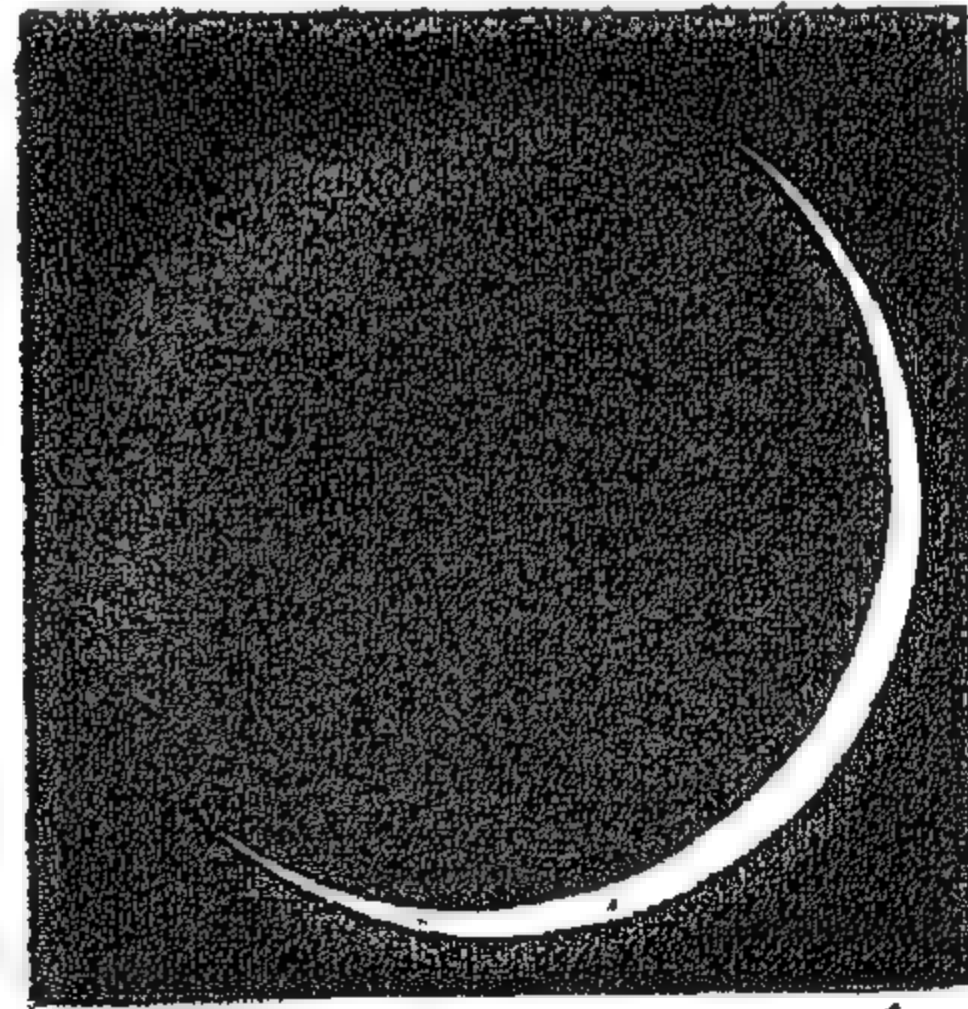
واذا قيس انتقال القمر بالنسبة لمركز الشمس التي لها حركة ظاهرية في جهة حركة القمر عوضاً عن قياس هذا الانتقال في الطول بأخذ نجمة كنقطة أصل فان الزمن الذي يستغرقه القمر بين رجوعيه المتتاليين الى وضعه النسبي يزيد عن الزمن الاول بقدر يومين تقريباً أعني يزيد قليلاً عن ٢٩,٥ يوماً وهذه هي الدورة الاقترانية وسنتكلم فيما سيأتى على أسباب هذا الفرق بين الزمنين وتقدير مددهما بالضبط

١٤٦ - أشكال القمر - في مدة دورة اقترانية يأخذ البعد الزاوي لمركز القمر عن مركز الشمس مقدرا على الطول جميع المتساير من  $0^\circ$  الى  $360^\circ$  وفي هذه المدة يكون على وجه العموم قرصه المستدير مكثا من جزأين أحدهما مستدير والاخر مظلم وشكل هذين الجزأين ومقدارهما النسبي متغير دائما ومنهما ما تكون الظواهر المعروفة باسم أشكال القمر وبيان ذلك انه متى لم يكن القمر منظورا لاليل ولا نهارا يقال له في حالة المحاق أو الاقتران أو الاجتماع أو التوليد وسبب عدم رؤيته ان وضعه مجاور جدا في الظاهر للمحل الذي تشغله الشمس في السماء فيوجه نحو الارض نصف كرتة المظلم المحجوب عن الاشعة الشمسية ويمكث خفاء القمر يومين أو ثلاثة أيام لكن لحظة الاقتران المخبوضة التي يستدل عليها من السنوات الفلكية تحصل متى كان للشمس والقمر طول واحد

وفي اليوم الثاني أو الثالث بعد تلك اللحظة (١) يظهر القمر ليلا بعد غروب الشمس بعدة قليلة على شكل هلال رفيع (شكل ٦٠) تحديه نحو النقطة التي توجد فيها الشمس تحت الافق وبسبب الحركة اليومية يغرب القمر بعد قليل في الافق الغربي وفي اليوم التالي تحصل الحالة بعينها غير أن الجزء المستدير يكون أعظم وحيث أن القمر يكون بعيدا عن الشمس أكثر من بعده عنها في اليوم السابق فيتأخر غروب القمر عن اليوم السابق وفي اليوم الرابع (شكل ٦١) بعد الاقتران يغرب بعد الشمس بثلاث ساعات وشكله بعد اليوم الرابع من الاجتماع يسمى التربع الاول



اليوم الرابع للقمر  
ش ٦١

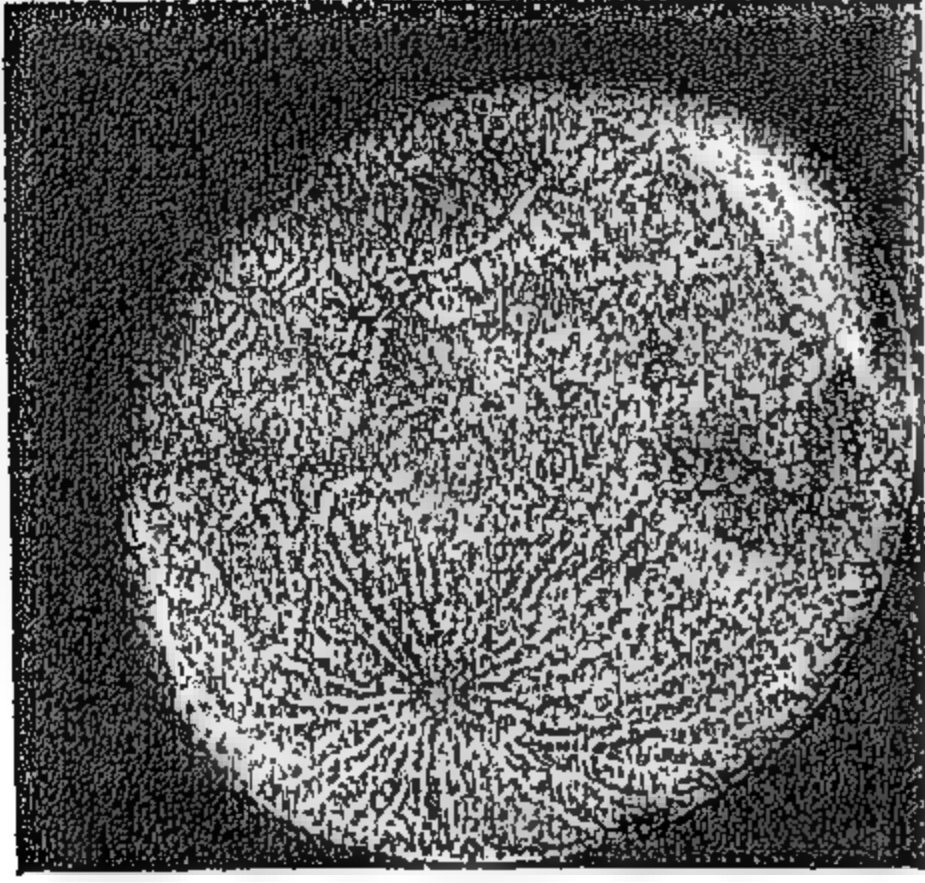


الوجه الاول للقمر  
ش ٦٠

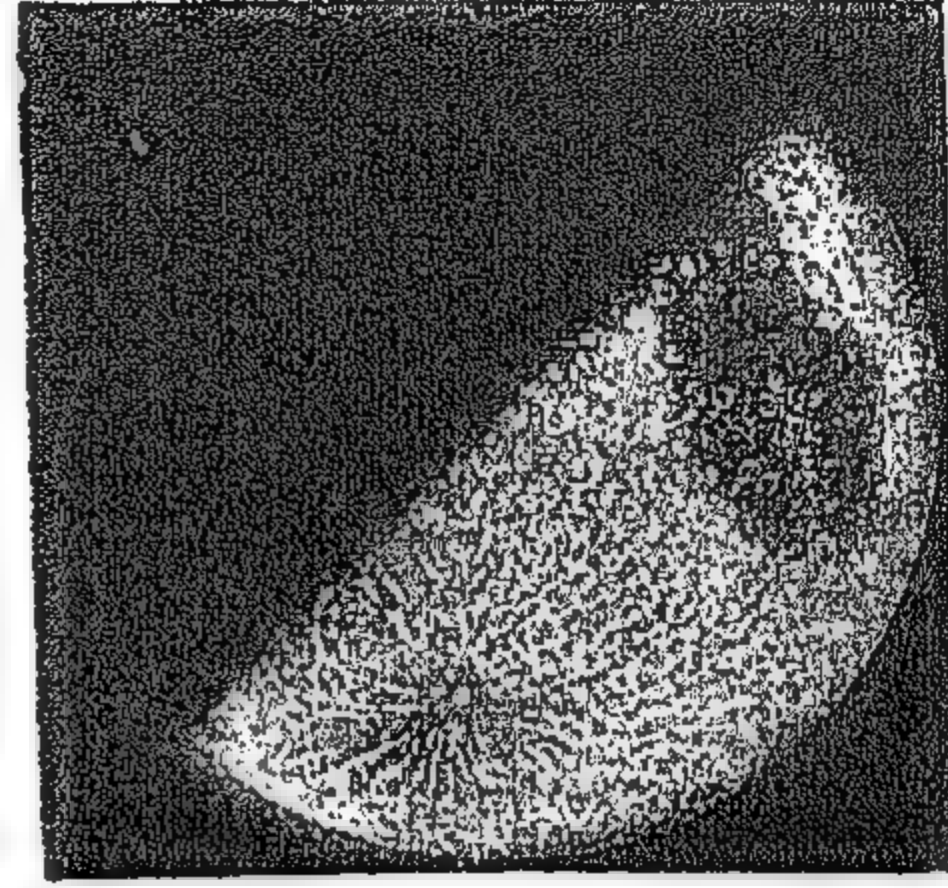
(١) هيفليوس يقول انه لم ير القمر الا بعد ٤٠ ساعة من الاقتران و ٢٧ ساعة قبله بحيث ان النهاية العظمى لمدة خفاؤه تكون ٦٧ ساعة وهذه المدة تختلف على حسب الاقاليم وعلى حسب عرض القمر



ثم ينمو الهلال شيئاً فشيئاً وبين اليوم السابع والثامن من لحظة الاجتماع يظهر لنا القمر على شكل نصف دائرة ويرى مدة في النهار (شكل ٦٢) والحركة اليومية لا تأتي به في مستوى الزوال إلا بعد مرور الشمس به بستة ساعات تقريباً

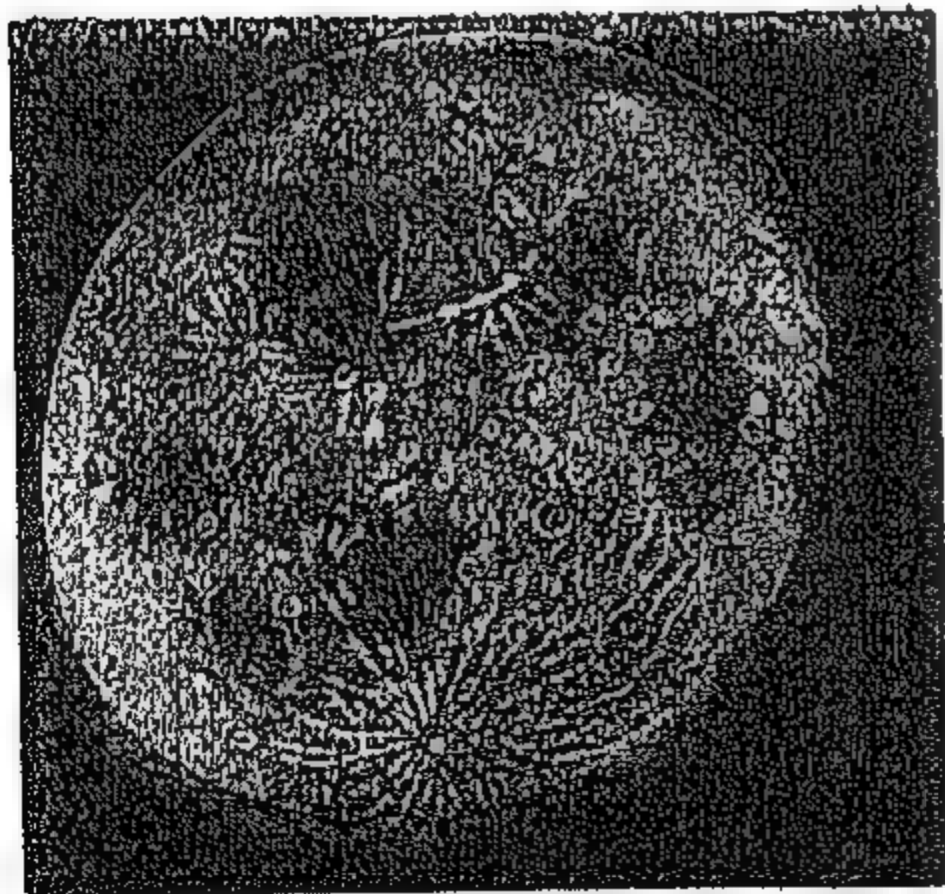


القمر بين التربيع الأول والبدر  
ش ٦٣

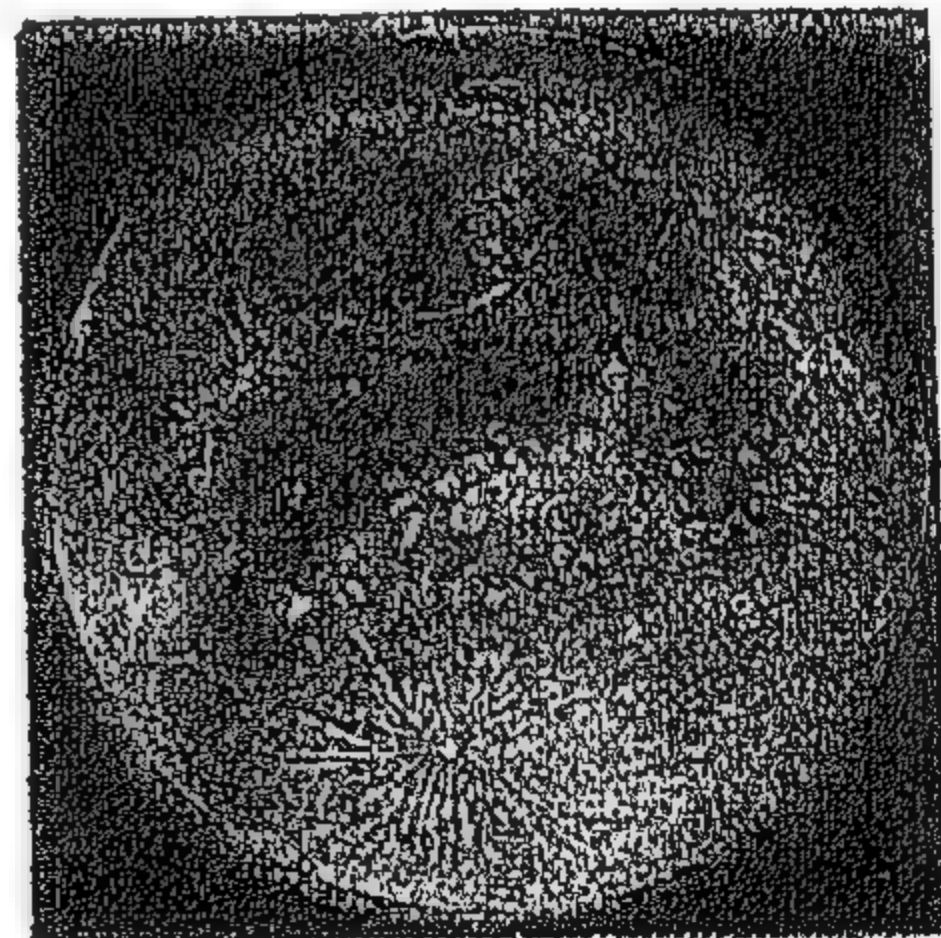


القمر في التربيع الأول  
ش ٦٢

وبين التربيع الأول والبدر تقضي سبعة أيام آخر في شؤنها يقترب الجزء المستنير شيئاً فشيئاً من أن يصير دائرة تامة (شكل ٦٣) ويتأخر شروق وغروب القمر شيئاً فشيئاً في مسافة هذه المدة مع كونه موجه دائماً نحو الغرب الجزء العلوي من قرصه وبعد الاقتران بخمسة عشر يوماً تقريباً يظهر لنا قرصه مستديرًا بأكمله (شكل ٦٤) وحينئذ تكون لحظة شروقه هي تقريباً لحظة غروب الشمس التي تشرق عند غروبه ومتى ارتقى القمر إلى أعلى نقطة من سيره أعنى من مستوى الزوال يكون نصف الليل ووقتئذ تمر الشمس تحت الأفق بمستوى الزوال الأسفل بحيث يكون القمر متقابلاً للشمس بالضبط بالنسبة للأرض



القمر بين البدر والتربيع الأخير  
ش ٦٥

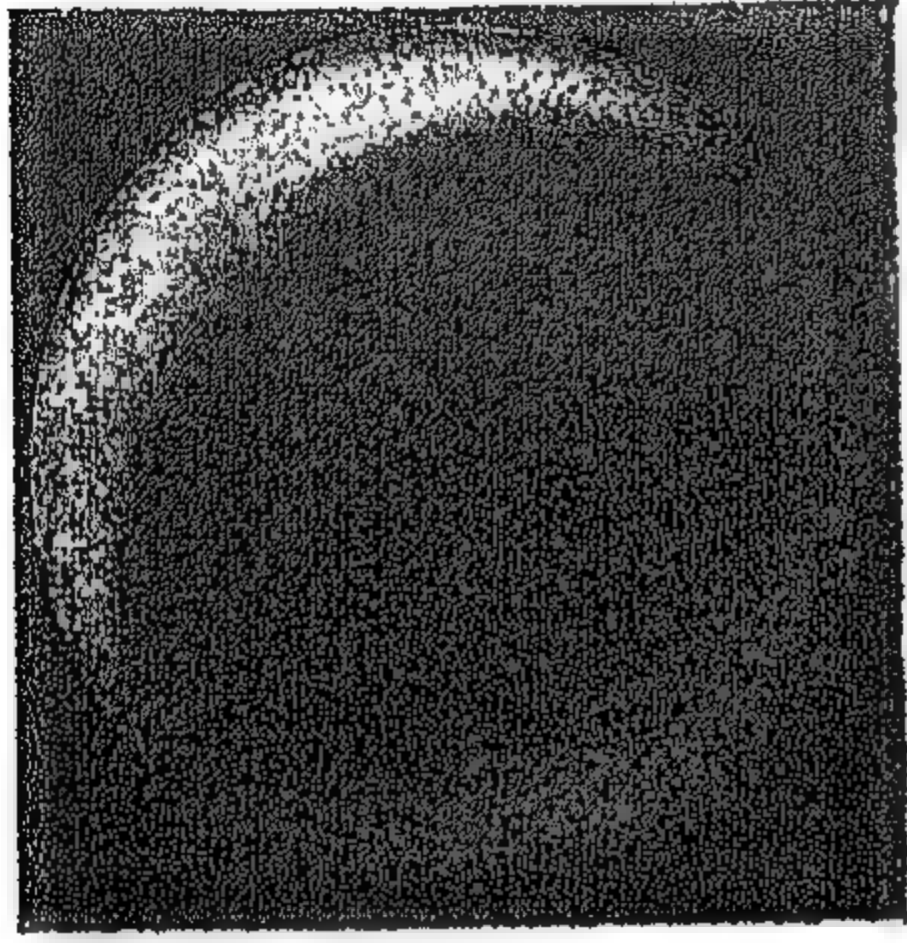


البدر  
ش ٦٤

وبعد ذلك يتناقص على التوالي الشكل المستدير المستنير للقرص وينتهي بأن يظهر كما كان



في أول الامر على شكل هلال رفيع جدا تحده جهة الشرق بحيث يكون نصف الدائرة المحدد للجزء المستنير موجهاداً نحو الشمس وفي وسط المسافة التي تفصل البدر عن الزمن التالي له يكون للقمر شكل كالذي كان له في التربيع الاول غير انه موضوع بعكسه ويسمى التربيع الثاني أو الاخير وفي هذا الجزء الثاني من الزمن القمري يقرب الوضع الظاهري للقمر في السماء شيئاً فشيئاً من وضع الشمس وقريباً من الايام الاخيرة يسبق شروقها بمدة قليلة جداً حتى يدخل من جديد في أشعتها ويختفي ليعود قراً جديداً (شكل ٦٥ و ٦٦ و ٦٧)



القمر بين التربيع الاخير والاهل  
ش ٦٧



التربيع الاخير  
ش ٦٦

١٤٧ - الضوء الرمادي - قد قلنا أن الجزء المستضيء من القمر الذي تنيره الشمس مباشرة يتغير شكله في مدة الدورة الكاملة للقمر من ابتداء الهلال الرفيع المضيء والشكل الاخير اغاية الدائرة الكاملة التي يظهرها الكوكب في مستويه وأما الجزء المظلم من هذا القرص فيظهر في بعض أشكاله ضوء ضعيف جداً يسمى الضوء الرمادي (شكل ٦٠) ويسهل رؤيته بالعين العارية وجميع العالم يمكنهم أن يروه قبل أو بعد المحاق ببعض أيام حيث يكون القمر وقتئذ هلالاً وجميع جزء نصف الكرة الموجه نحونا والذي لم يتأثر بالاشعة الشمسية يرى مع ذلك متميزاً بحيث يحدد الدائرة الكاملة للقرص والضوء الرمادي يرى مادام الهلال ولا يختفي مطلقاً قبل التربيع الاول ويرى بعد التربيع الاخير بقليل ولا يختفي الا باختفاء القمر وشدة الضوء الرمادي ربما تكفي في تمييز كاف القمر بالعين العارية

١٤٨ - أسباب الضوء الرمادي - قد كان الاقدمون من الفلكيين يعتبرون أن هذا الضوء ناتج من نوع تقصفر (١) لسطح مادة القمر لكن ذلك قد بطل اليوم وعلم أن الضوء الرمادي هو ضوء الارض منعكساً على القمر من الاجزاء المستضيئة منها

(١) التقصفر كناية عن وجود مادة تقصفرية في القمر

وذلك أن الأرض يجب أن ترى من القمر بالشكال التي يرى بها القمر من الأرض بالضبط لكن هذه الاشكال تكون بعكس أشكال القمر لأن وقت المحاق توجه الأرض جزئاً المستنير بأكملها نحو نصف الكرة المظلم من القمر بحيث أن نصف الكرة المذكور يتلقى بواسطة الانعكاس جميع الضوء الذي ترسله الشمس إلى الكرة الأرضية

وحيث أن السطح الظاهري للكرة الأرضية منظوراً من القمر هو أكبر من قرص القمر بثلاث عشرة مرة تقريباً فيعلم أن ضوء الأرض يجب أن يعطى للبالى القمر ضوءاً أعظم مما يصل إلىنا من ضوء القمر وأجزاء نصف كرة الأرض المستنيرة من منظوراً من القمر تكون مع ذلك قليلة كلما كان القمر بعيداً عن الوضع الذي يشغله في وقت الاجتماع ومن ذا يعلم سبب عدم ظهور الضوء الرمادي بين التربيع الأول والآخر . وحينئذ فالضوء الرمادي ليس شيئاً آخر سوى انعكاس ضوء الشمس المنبعث مرة أولى من الأرض على القمر ثم مرة ثانية من القمر على الأرض

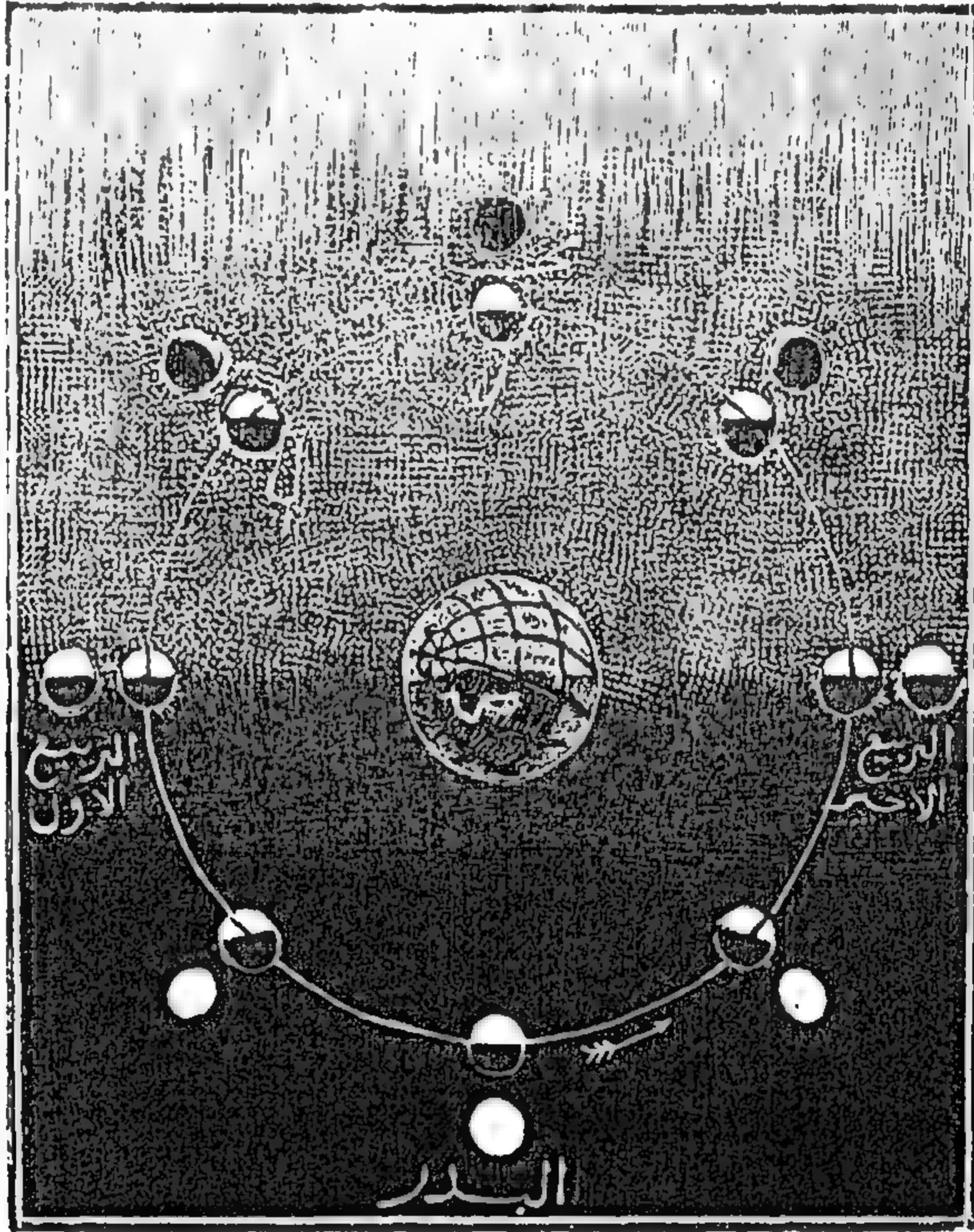
## الفصل الثاني

مدار القمر - إيضاح أشكاله

١٤٩ - تعيين مدار القمر - يمكن تعيين المدار الذي يرسمه القمر على القبة السماوية بالطريقة التي تعين بها المدار الظاهري للشمس أعني يقاس المطلع المستقيم والميل لمركز قرصه كل يوم ويعلم على كرة سماوية مصنوعة الوضع الذي يشغله ذلك المركز فيوجد أن هذه المدار يقرب من محيط دائرة عظيمة ميلها المتوسط على الدائرة الكسوفية خمس درجات تقريباً . وتتضح أشكال القمر على الوجه الآتي وهو أن القمر جسم كروي تقريباً معتم غير مضيء بنفسه يتلقى ضوء الشمس ويعكسه إلى الأرض فإذا تقرّر ذلك نفرض أن مداره منطبق على الدائرة الكسوفية وأن الأرض تبقى غير متحركة بالنسبة للشمس وذلك مدة قطع القمر مداره حول الأرض ثم نفرض أن الشمس على بعد من القمر يمكن اعتبار أشعتها متوازية في جميع أوضاع القمر (شكل ٦٨) فالذي يرى من القرص هو مسقط على مستوى يمر بمركز القمر وعمود على الخط الواصل بين مركز القمر ومركز الأرض

فإذا كان ص هـ هي الأرض و س هـ هي الشمس الموجودة على بعد لا نهائي وكان القمر في ل فإنه يوجه نحو الأرض نصف كرتيه الغير مستضيء ويصير غير مرئي لنا وهذا هو المحاق أو الاقتران

ومتى صار في ل لا يرى لنا سوى شقة كروية ويرى القمر حينئذ بالشكل الهلالي وفي الاوضاع التالية تكبر الشقة الكروية شيئاً فشيئاً وفي التربيع الاول يرى نصف دائرة ثم بعد ذلك بشكل قرص يتقرب شيئاً فشيئاً من دائرة تامة يستكملها متى صار مقابلاً للشمس وهذا هو وقت البدر أو الاستقبال وفي النصف الآخر من مداره يأخذ نفس الطواهر بترتيب عكسي والحافة المستديرة التي كانت موجهة نحو الغرب في النصف الاول من الدورة ترى في النصف الثاني منها موجهة نحو الشرق



ش ٦٨

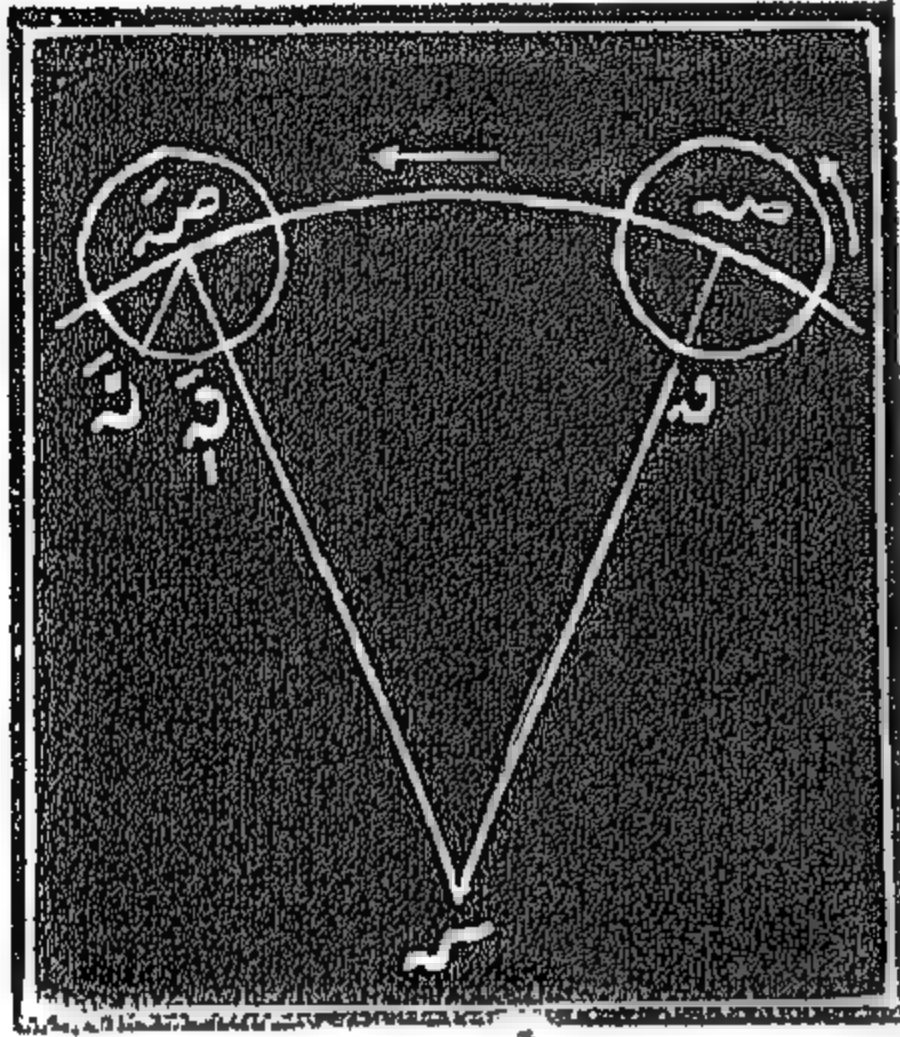
١٥٠ - الدورة الاقترانية (الدائرية) - الدورة النجمية - فرق مدتهما - الدورة الاقترانية. وتسمى الحركة الدائرية أيضاً هي المدة التي تقضي بين شكيلين متتاليين من نوع واحد وتقدر هذه المدة بعين وقتها خسوفين منفصلين بعدد عظيم من الدورات الاقترانية (وسياتى ان الخسوفات تكون في لحظة البدر دائماً) وتقسم المدة الكلية على عدد الدورات فتحصل المدة المتوسطة وهي

$$29,530,588 \text{ يوماً أو } 29,530,588 \div 365,256 = 81 \text{ يوماً و } 12 \text{ ساعة و } 44 \text{ دقيقة و } 29 \text{ ثانية}$$



والدورة النجمية هي المدة التي تقضي بين رجوعين متتاليين للقمر الى نجمة واحدة وهي أصغر من  
مدة الدورة الاقترانية

وسبب عدم تساوي المديتين هو كون الارض ليست ثابتة فهي تنتقل حول الشمس بينما يدور  
القمر حولها وهذا الامر ينتج فرقا بين المديتين ولنفرض أن القمر في الاقتران فيكون مركزه  
ومركز الارض ومركز الشمس في مستو واحد عمود على الدائرة الكسوفية والخط صـ هـ



ش ٦٩

(شكل ٦٩) يقابل الكرة السماوية في نقطة تعلم بنجمة  
فتي تمت الدورة النجمية للقمر فان نصف القطر البوري  
صـ هـ الواصل بين مركزي القمر والارض ينتهي ثانيا  
الى النجمة المعلمة ويصير اتجاهه موازيا لنصف القطر  
البوري صـ هـ لكن لا يكون القمر حينئذ في الاقتران  
حيث ان الارض في هذه المدة قد انتقلت من صـ هـ الى صـ  
واكي يصير فيه يلزم ان يرسم في قلبه قوسا سـ عـ كسعة  
القوس صـ هـ

ومن ذا يتبين ان مدة الدورة الاقترانية تزيد عن مدة الدورة النجمية ولتقدير الفرق بينهما تعين  
مدة الدورة النجمية أولا ولذلك نرسم لها بالحرف سـ ونفرض أن صـ هـ = ا هو  
القوس الذي ترسمه الارض مدة الدورة النجمية فيحصل

$$\frac{360}{1+360} = \frac{س}{21603.088}$$

ومنه

$$س = 27,321661 \text{ يوما شمسيا وسطيا أو } س = 27,5 \text{ يوما شمسيا متوسطا أو } س = 27,5 \text{ يوما شمسيا متوسطا}$$

ويكون الفرق بين المديتين ٥ ٢ تقريبا

وبقسمة ٣٦٠ على مدة الدورة تحصل السرعة المتوسطة للقمر أو حركته اليومية المتوسطة  
والمقدار المتوسط للقوس الذي يرسمه القمر فيما بين النجوم هو ٣٥ ١٠ ١٣ حركته أسرع  
من حركة الشمس بقدر ثلاث عشرة مرة تقريبا

١٥١ - الشكل الناقص المدار القمر - خط السير الظاهري للقمر على القبة السماوية

يقرب من محيط دائرة عظيمة كما ذكرنا ومن ذا نستدل على ان شكل المدار مستو تقريبا  
ولكن للحصول على الشكل الحقيقي للمدار المذكر كور يقاس القطر الظاهري للقمر مرارا في مدة  
دورة نجمية فتغيرات القطر المذكر كور تدل على التغيرات العكسية لبعدها عن الارض

في الاوضاع المتتالية وعلى النسبة بين هذه الابعاد فاذا أخذ على كل نصف قطر بوري وفي الاتجاه الدال على وضع القمر على القبة السماوية طول مناسب للبعد المطابق ثم وصلت نهايات النصف الاقطار المذكورة بخط مستمر تحصل نحن مشابه لمدار القمر وهو نحن قطع ناقص يشغل مركز الارض احدي بورتيه

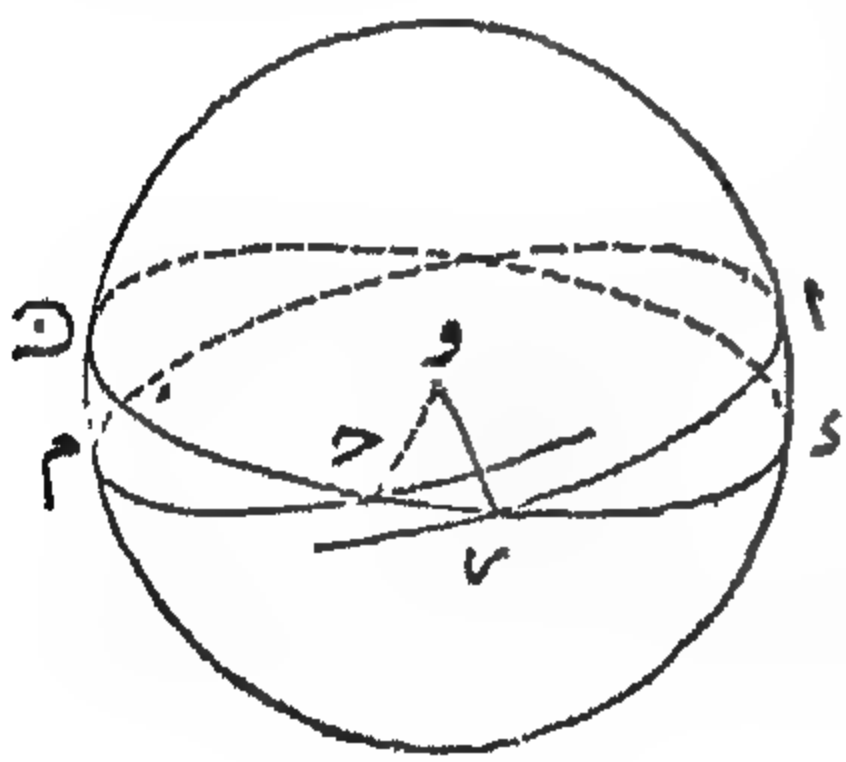
وفي نهايتي المحور الاكبر يصير القمر في أكبر وأصغر بعده عن الارض أعني يكون في الاوج وفي الحضيض فاذا بيننا البعد المتوسط بالوحدة فبعد الاوج يصير مقداره ١,٠٥٥ والحضيض ٠,٩٤٥ تقريبا

ومركز الارض الذي يشغل احدي بورتى القطع الناقص يكون على بعد من مركز المنحنى مبين بالمقدار ٠,٠٥٥ ويرى أن اختلاف مركز مدار القمر يزيد عن ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض

ومستوى مدار القمر لا ينطبق على مستوى الدائرة الكسوفية بل يصنع معه زاوية ثابتة تقريبا مقداره  $8^{\circ} 8'$  وخط تقاطع المستويين يسمى خط العقدتين والعقدتان هما الوضعان اللذان يشغلهما القمر على مداره متى وجد مركزه من مركزين بواسطة الدورة في مستوى الدائرة الكسوفية

فعقدة الصعود هي التي تطابق مرور القمر من نصف الكرة السماوية الجنوبي الى نصفها الشمالي بالنسبة للدائرة الكسوفية والعقدة الاخرى تسمى عقدة النزول

١٥٢ - تقهر العقدتين - حركة الحضيض - عقدتا مدار القمر لا تحتفظان



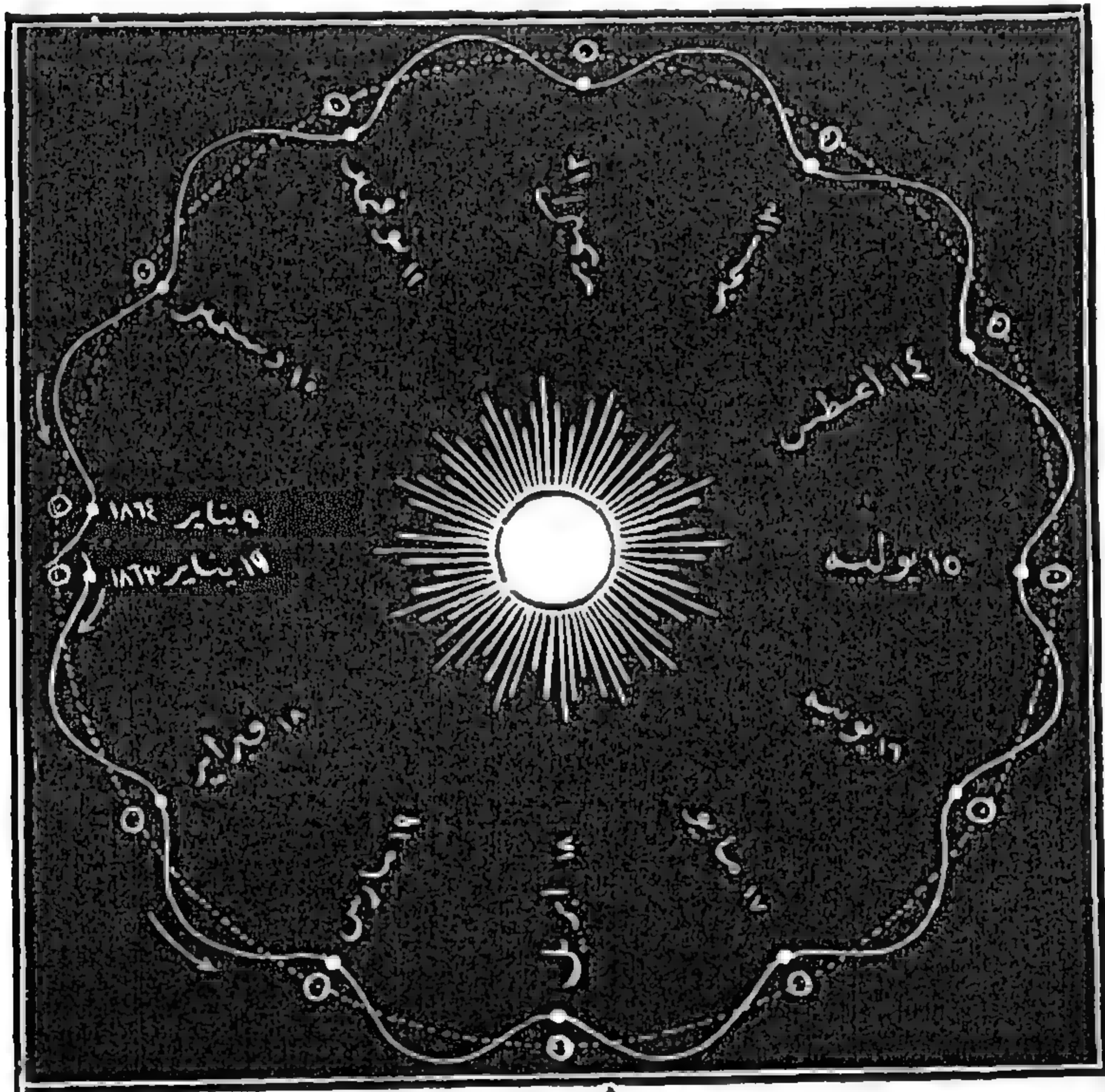
ش ٧٠

وضعا واحدا على الدائرة الكسوفية بل تتقلان دائما القهقري أعني في جهة مضادة لجهة حركة القمر على مداره من  $٣$  نحو  $ح$  (شكل ٧٠) وحركة العقدتين هذه تشابه تقهقر نقطتي الاعتدال غير أنها أسرع منها لان العقدتين تتمان الدورة الكاملة أي تقطعان الدائرة الكسوفية في  $18\frac{2}{3}$  سنة

والمحور الاكبر للقطع الناقص للقمر لا يحتفظ كذلك وضعا واحدا في مستوييه بل يدور في هذا المستوى في جهة حركة القمر بحيث يتم الدورة في ٣٢٣٢ يوما ونصف أو ٩ سنين تقريبا والحركات التي تكلمنا عليها وخلافها مما هو مؤثر في حركة القمر منسوبة للتأثير المركب من كل من جاذبي الشمس والارض

والاضطرابات الحاصلة في حركة القمر تغير الشكل الناقصي لمداره تغيرا ظاهرا جدا وفي الحقيقة هذا المدار ليس منحنيًا مقلولا ولا منحنيًا مستويا

١٥٣ - تعرج خط سير القمر - قد ينما شكل مدار القمر بفرض الأرض غير متحركة لكن اذا بحثنا عن الخط الذي يرسمه القمر في الفراغ في مسافة سنة مثلا يوجد خط يختلف عن القطع الناقص اختلافا عظيما لان حركة القمر التي مارسناها غاية الا ان حركة نسبية وحركته الحقيقية في الفراغ هي اجتماع هذه الحركة النسبية مع حركة الأرض حول الشمس وباعتبار هاتين الحركتين الآتيتين يوجد ان المدار السنوي للقمر هو منحن معرج (شكل ٧١) ويرى انه مركب من اثني عشر تعرجا كل واحد منها تحتوى على قوس من داخل مدار الأرض وقوس من خارجه وهو نوع مخصوص من الايبسكلاويد



ش ٧١

وفي الشكل يظهر مدار القمر دائرة محدبا وتارة مقعرا نحو الشمس وهو ليس منحنيًا مستويا لان مستوييه يغير وضعه ويميل دائما على مستوى الدائرة الكسوفية



## الفصل الثالث

بعد القمر عن الأرض - حجم القمر - حجم القمر

١٥٤ - اختلاف منظر القمر - بواسطة اجراء رصد في آن واحد بمجولين أرضيين كائنين على خط جانبي واحد متباعدين كثيرا يحصل كما سبق على اختلاف المنظر الافقي للقمر وقد وجد لاختلاف المنظر الافقي الاستوائى أعنى المنسوب لنصف قطر خط الاستواء الأرضى المقدار ٥٧ ٤٠ باعتبار البعد المتوسط للكوكبين وأما الاقيسة الجديدة فثبتت مقداره على ٥٧ ٢٠٧ وإذا اجريت الطريقة التى ذكرت فيما تقدم لتعيين بعد الشمس عن الأرض يوجد ان البعد المتوسط لمركز القمر عن مركز الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٦٠٢٧٣ مرة والبعد الاعظم للقمر عن الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٦٣٥٨٣ مرة وفي وقت الحضيض يكون بعده عن الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٥٦٩٦٤ مرة

وانفراد المدار الناقصى الذى يرسمه القمر حول الأرض بفرضها ثابتة يساوى ٢٤٠٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا والسرعة التى بها يقطع هذا المدار تتغير على حسب بعده عن الأرض ومقدارها المتوسط هو ١٠٢٢ مترافى الثانية

١٥٥ - نصف القطر الظاهرى للقمر منظور من الأرض - هو فى المتوسط ١٥ ٤٣ أو ٩٤٣ والقطر الظاهرى للأرض منظورة من القمر (اختلاف المنظر الافقى) هو ٥٧ أو ٣٤٢ فإذا اراد من بالحرف ن نصف قطر الأرض وبالحرف س نصف قطر القمر يتحصل

$$\frac{س}{ن} = \frac{٩٤٣}{٣٤٢٠} = ٠,٢٧$$

ويمكن ان يقال ان قطر القمر يساوى  $\frac{٣}{١١}$  من قطر الأرض

ومن ذلك تستخرج نسبة السطوح وتساوى  $\frac{٣}{١١} = \frac{١}{١٤}$  تقريبا ونسبة الاجسام وهى

$$\frac{٣}{١١} = \frac{١}{٥٠} \text{ تقريبا}$$

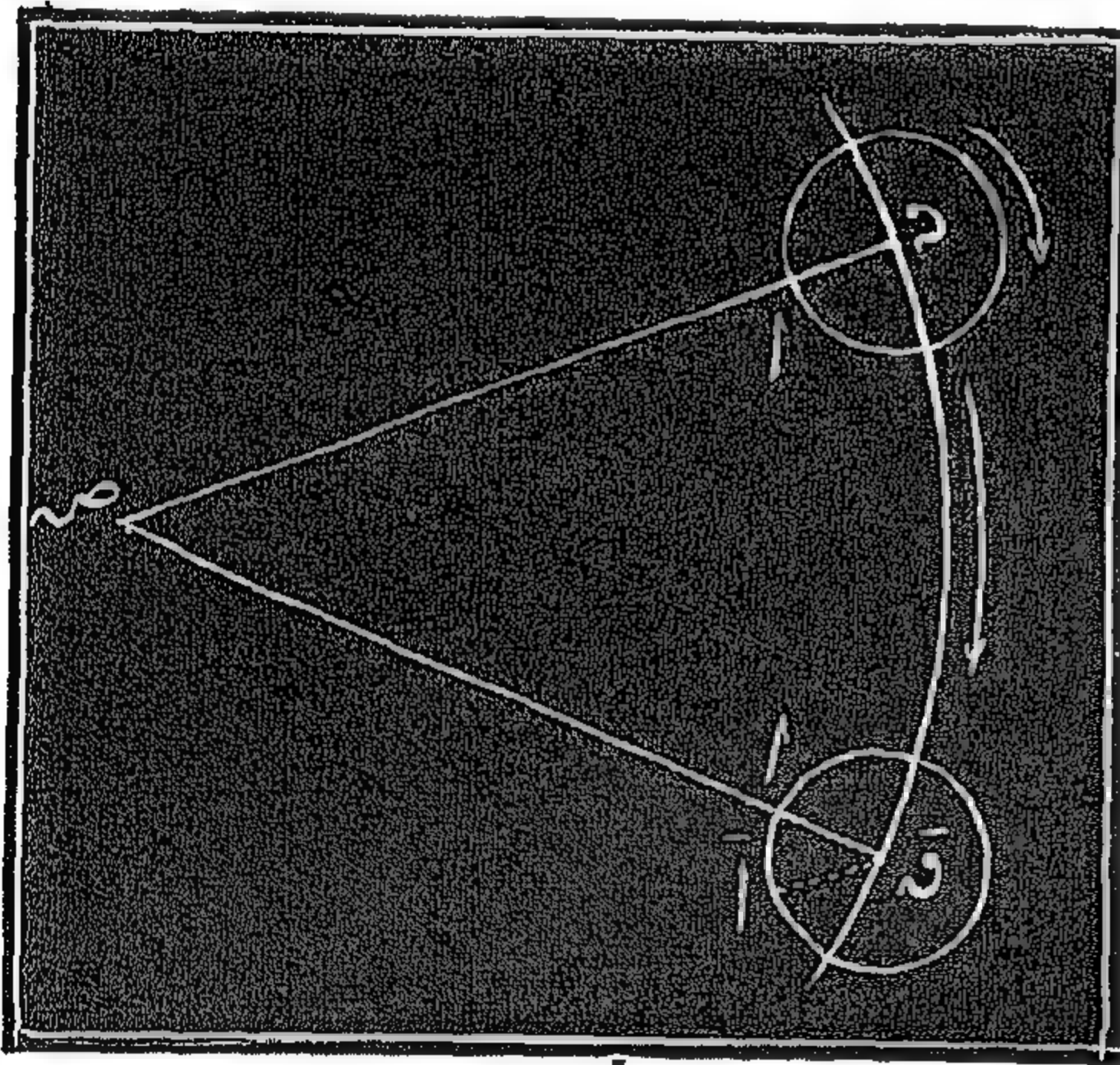
وأما النسبة بين الجسمين فتساوى  $\frac{١}{٧٥}$

## الفصل الرابع

### كلف القمر - الحركة الدورانية

١٥٦ - كلف القمر - متى كان القمر مستضيئاً بالأشعة الشمسية يظهر على سطح قرصه جولة تقع سنجاية اللون ترى بغير آلات وباختبار هذه البقع بالنظارات ترى الواحدة منها بقعا كثيرة أصغر منها وشكلها مستدير أو يضاوى وينبئ على ان كانتات القمر مستديرة ليست غرضة مثل كافات الشمس الى تغيرات في المنظر والشكل أو في الوضع النسبي ولذلك لا يوجه القمر نحو الأرض الانصفاً واحداً منه والكافات التي ترى لا تزال بعينها في مدة الانتقالات المتتالية إلا ما ينشأ عن الذبذبات التي سنتكلم عليها

١٥٧ - الحركة الدورانية للقمر - ينتج من عدم تغير وضع كرة القمر بالنسبة للأرض أولاً ان القمر غير حركته الانتقالية حول الأرض حركة دورانية حول أحد أقطاره ثانياً ان مدة هذه الدورة التي تحصل في الجهة الطردية مساوية لمدة الحركة الانتقالية النجمية ولا ثبات هاتين



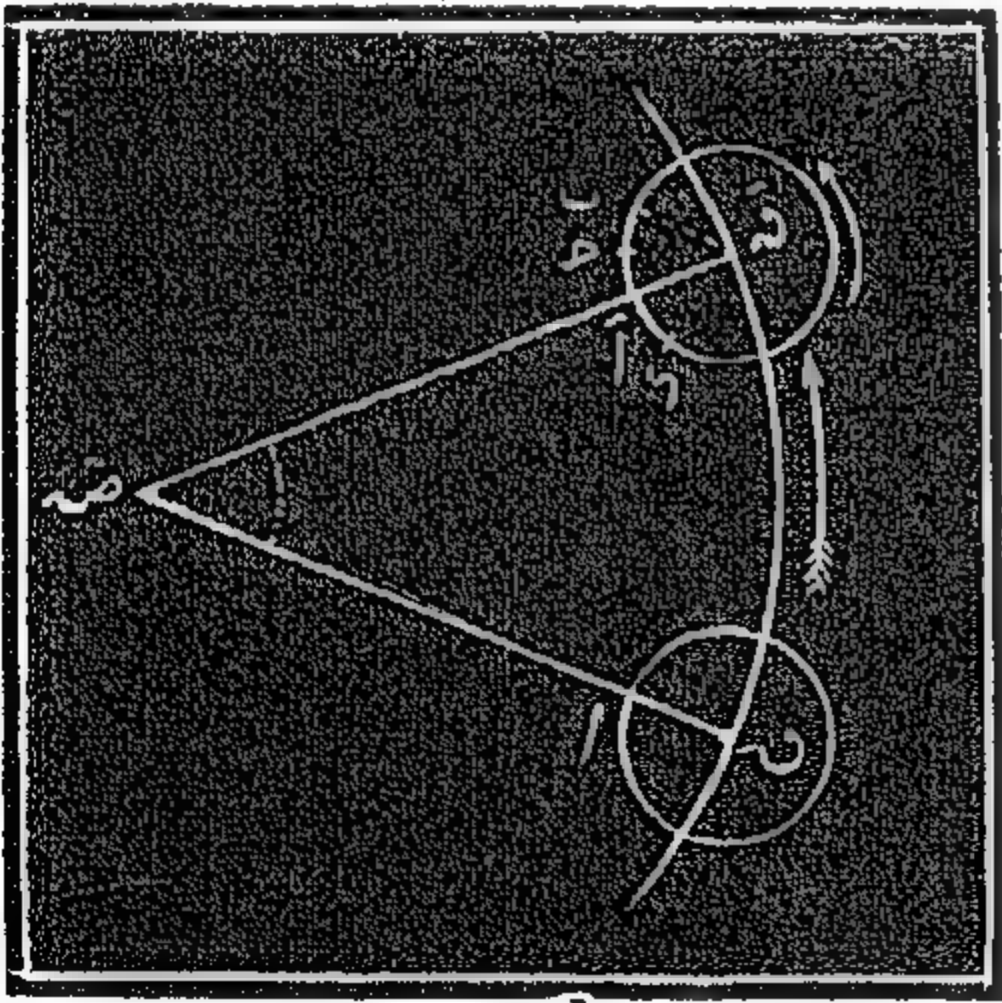
ش ٧٢

القضيتين نقول اذا لم يكن للقمر في مدة قطعه القوس  $QV$  (شكل ٧٢) من مداره أدنى حركة دورانية فان نصف القطر  $QA$  المتجه من مركزه الى مركز الأرض يبقى موازياً لاتجاهه الاول وبأخذ الوضع  $QA$  ووقتئذ الكافة  $A$  التي تنسقط في  $V$  على مركز القرص ترى في  $A$  شرف ذلك المركز لكن الارصاد تبهرن على انها تبقى منتورة في النقطة  $A$  من القرص

بعينها ويلزم من ذلك أن يكون نصف القطر  $QA$  قد دار براوية  $QA = VQ$  أعني بعدد من الدرج يساوى الدرج الذي يقدر به القوس المرسوم على المدار بالضبط ومتى تمت الدورة الانتقالية النجمية للقمر يرجع نصف القطر البورى  $QA$  الى اتجاهه الاول وكذا يحصل لنصف قطر القمر  $QA$  وحركة دوران القمر حول محوره تصير كاملة بحيث ان مدتها تكون مساوية بالضبط لمدة الدورة النجمية للقمر أو الى  $٣٤٣٧٧$  ووجهة الحركة الدورانية للقمر هي عين جهة الحركة الانتقالية وهي طردية مثلها أعني انها تكون من الغرب الى الشرق

١٥٨ - تساوى مدتى الحركة الدورانية والحركة الانتقالية النجمية - حركة دوران القمر حول نفسه منتظمة وهى ليست مثل الحركة الانتقالية التى لما كانت حاصلة على مدار ناقصى تكون تابعة لقانون المسايح وحينئذ فتساوى حركتين انتقالية ودورانية كاملتين لا يقع فى أثناء الحركتين بل يقع بالنسبة للمدتين بأكملهما وبخلاف ذلك اذا وجد فرق بين المدتين فى جهة واحدة دائماً فان هذا الفرق ولو كان صغيراً جداً يتجمع بتتالى الدورات ويصير محسوساً على طول الزمن وينتهى القمر شيئاً فشيئاً بأن يوجه جميع أوجهه للأرض وهو مخالف للأرصاد

١٥٩ - ذنب القمر - الزوايا التى مثل  $\psi$  و  $\psi'$  التى يرسمها القمر حول الأرض فى الأزمان المتساوية ليست متساوية لان القمر يتحرك حول الأرض بالمطابقة لقانون المسايح وحركته الزاوية حول مركز الأرض تزيد سرعتها وتقل على حسب كبر بعده عنها وصغره وأما حركة دورانه حول محوره فهى بالعكس منتظمة لحركة الأرض حول محورها وحينئذ يستحيل وجود تساو مستديم بين الزاوية التى يدور بها القمر حول نفسه وبين التى يرسمها حول الأرض فى آن واحد ومن جهة أخرى قد دلت الأرصاد على أن القمر انما يوجه نحو الأرض نصفاً واحداً من سطحه وحينئذ فيلزم ان يوجد فى المتوسط تساو تام بين السرعة الزاوية للقمر حول نفسه وسرعته الزاوية حول الأرض لكن هذا التساوى الذى يحصل فى المتوسط لا يحصل فى كل لحظة لان السرعة الزاوية للقمر حول الأرض تارة تكون أكبر من السرعة الثابتة التى يدور بها حول محوره وتارة أصغر منها وينتج من ذلك أن هذه الحركة الأخيرة التى بسببها تعميل دائماً الكلفة المركزية للقمر لان تعود الى الوضع الظاهرى بعينه توجد تارة متأخرة وتارة متقدمة على الحركة الانتقالية للقمر حول الأرض بحيث ان هذه الكلفة التى كانت نظرت فى ١ (شكل ٧٣) حينما كان القمر فى  $\psi$  توجد على جانب النقطة  $\alpha$  قليلاً فى  $\psi'$  أو فى  $\psi$  عوضاً عن وجودها فى  $\alpha$  نفسها حينما ينتقل القمر الى  $\psi$



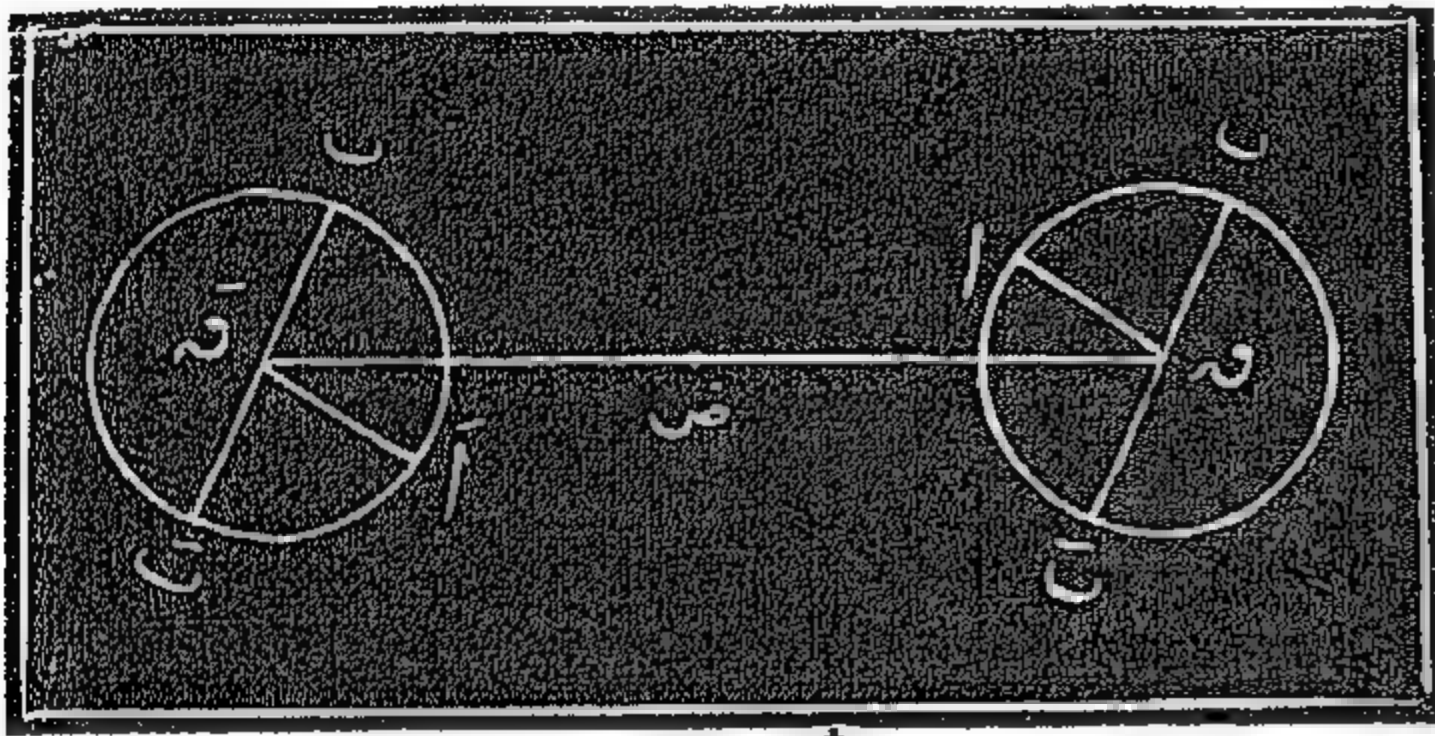
ش ٧٣

ومن كون الحركة الدورانية للقمر حول نفسه منتظمة وان حركته الزاوية حول الأرض ليست منتظمة يرى أن الكلفة المركزية لقمره يلزم ان تظهر تارة فى جهة من مركز القرص وتارة فى الجهة الأخرى ويظهر انما يتحرك حركة اهتزازية تشترك فيها باقى الكائنات المجاورة لها وهذه



الحركة هي المسماة بالذبذبة في جهة الطول وسبب هذه التسمية ناشئ من كون هذه الحركة  
حاصلة في اتجاه مستوي مدار القمر وهو تقريبا باتجاه الدائرة الكسوفية التي عليها تحسب  
الاطوال

١٦٠ - الذبذبة في العرض - محور دوران القمر عوضا عن ان يكون عموديا بالضبط  
على مستوى مداره يميل قليلا عليه فينتقل موازيا لنفسه صانعا مع العمودى على مستوى المدار  
زاوية قدرها  $37^\circ 9'$  تقريبا ويسهل مشاهدة كون هذه الحالة وحدها كافية لاحداث ذبذبة



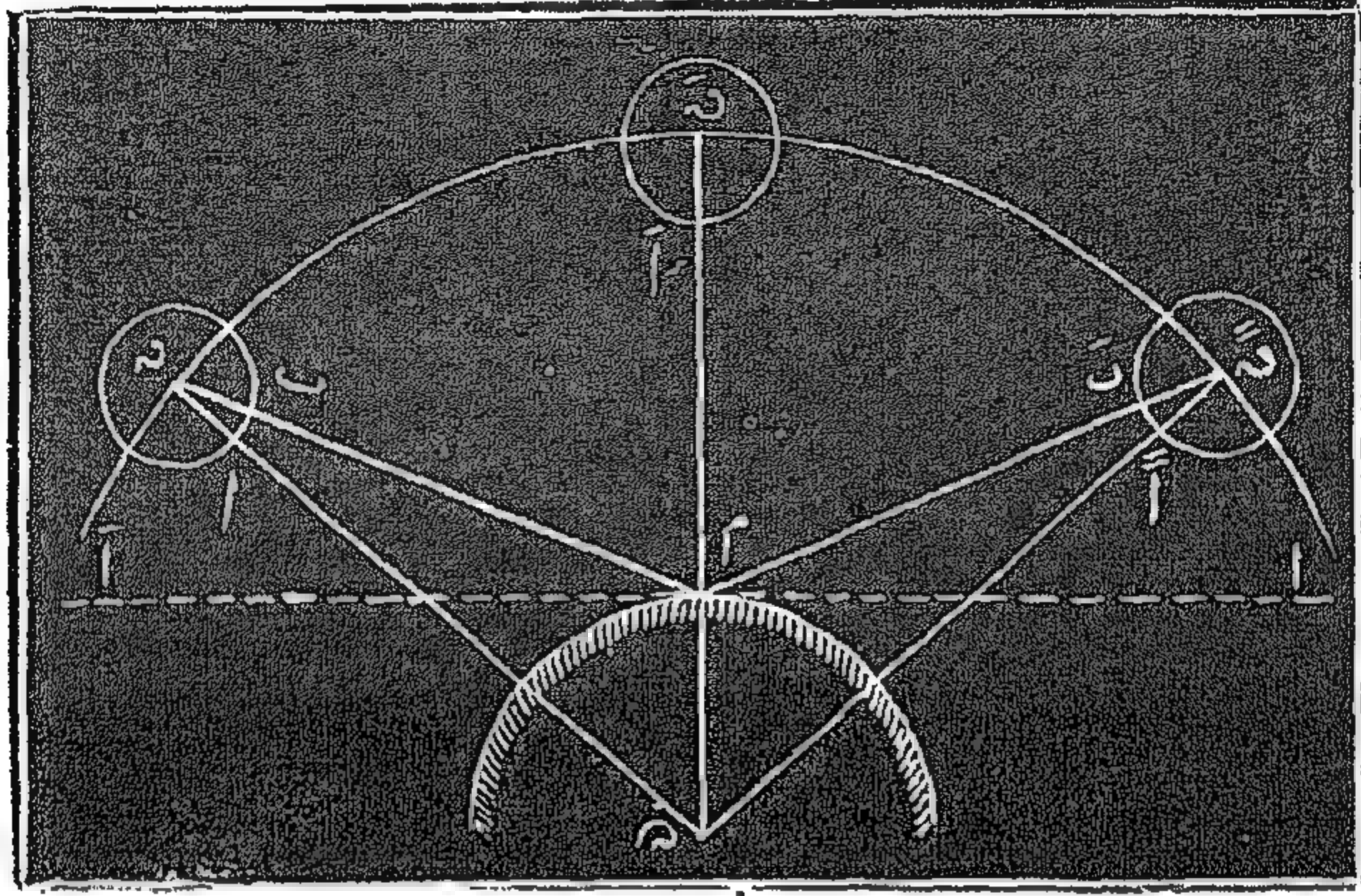
ش ٧٤

في الكلفات بأن نعتبر القمر في وضعين  
متقابلين على قطر واحد على مداره  
في ق و ق (شكل ٧٤) فيرى  
انه حينما يكون القمر في ق لا يمكن  
رؤية قطبه ب ويرى بدون مشقة  
القطب المقابل ب وانه حينما يأتي

في ق يصير القطب ب منظورا والقطب ب مخفيا ونقطة آ مثلا من دائرة المعدل  
القمرية التي كانت ظاهرة في الوضع الاول فوق مركز القرص تصير في آ تحت مركز القرص  
متى صنع القمر نصف دورة حول الارض وصار في ق ويكون قد صنع نصف دورة حول  
محوره ب ب تقريبا ولذا يجب ان تؤدى كلفات سطحه حركة اهتزازية في اتجاه عمودى على  
مستوى المدار أعني عمودى على مستوى الدائرة الكسوفية تقريبا ولذا سميت هذه الحركة  
بالذبذبة في جهة العرض

١٦١ - الذبذبة اليومية - اذ لم يوجد الذبذبتان اللتان تكلمان عنهما فيما سبق بقي أحد  
انصاف اقطار القمر متجهاداً دائماً نحو مركز الارض ويرى الراصد الموجود في هذه النقطة  
طرف نصف القطر المذكور شاغلا من كزقرص القمر دائماً لكن للراصد الموجود على سطح  
الارض لا يكون الامر كذلك ولنفرض لأجل السهولة ان القمر بسبب الحركة اليومية يمر  
بسمت نقطة م (شكل ٧٥) التي يرصد هو منها في الاوقات المختلفة من اليوم يجب  
ان يظهر انصاف القطر و ا الذي نفرضه متجهاداً دائماً نحو مركز الارض صه آخذاً على  
التعاقب أوضاعاً مختلفة مثل و ا و ق آ و ق آ و حينما يكون القمر في ق بعد  
شروق بة قليلة تظهر نقطة ا شرق المركز ب قليلا وحينما يكون القمر في السمت و  
تظهر هذه النقطة في آ مركز القرص وحينما يصير في ق قبل غروبه بقليل تظهر

النقطة بعينها في  $\alpha$  غربي المركز  $\beta$  قليلا وتظهر النقطة  $\alpha$  حينئذ تتذبذب كل يوم في جهتي وضعها المتوسط وتشتبك سائر كائنات القمر في هذه الذبذبة في أي وضع كان الراصد وهذه هي الذبذبة اليومية



ش ٧٥

١٦٣ - الشهر القمري والسنة العربية - مدة الحركة الدائرية التي عرفناها تعادل  $\frac{1}{4}$  من  $\frac{1}{12}$  من  $\frac{1}{29}$  تسمى شهرا ومبدأ أول وجود الهلال بعد المحاق والسنة العربية هي اثني عشر شهرا قريا وهالك أسماؤها وعدد أيامها

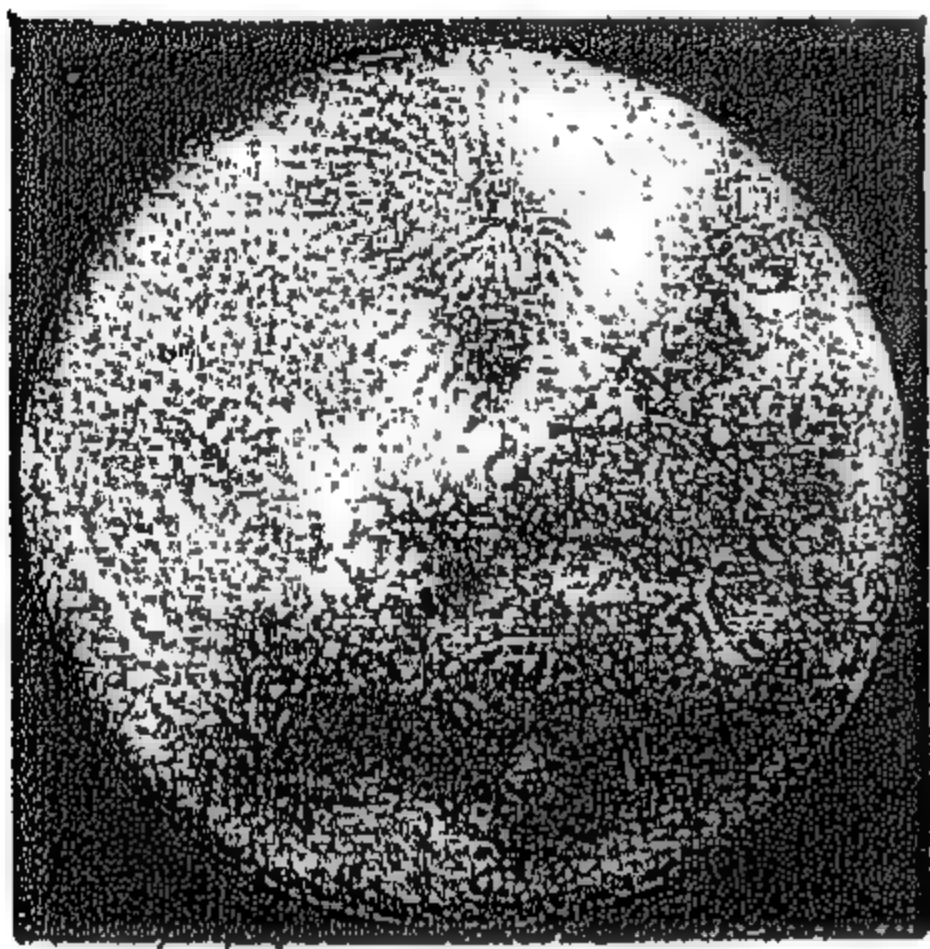
أسماء الاشهر	عدد الايام	أسماء الاشهر	عدد الايام	أسماء الاشهر	عدد الايام
محرم . . . .	٣٠	جادي الاولى	٣٠	رمضان . . .	٣٠
صفر . . . .	٢٩	جادي الثانية	٢٩	شوال . . .	٢٩
ربيع أول . .	٣٠	رجب . . . .	٣٠	ذوالقعدة . .	٣٠
ربيع الثاني .	٢٩	شعبان . . .	٢٩	ذوالحجة . . .	٢٩

وحاصل جمع هذه الاعداد المساوي ٣٥٤ يوما هو السنة العربية وهو يساوي حاصل ضرب أيام الشهر القمري بصرف النظر عن الدقائق في عدد أشهر السنة أي يساوي  $\frac{1}{12} \times \frac{1}{29} \times \frac{1}{4}$  وتكون السنة ناقصة عن مقدارها الحقيقي بقدر حاصل ضرب  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{12} = \frac{1}{48}$  وهذا العدد يصير ١١ يوما في كل ٣٠ سنة ولذلك اتفق علماء العرب لا كمال السنة على ان يجعلوا في كل ٣٠ سنة من ابتداء السنة الهجرية ١١ سنة مكرمة من ٣٥٥ يوما وهو بالسنتين



الكبيسة وكانوا يضيفون اليوم الزائد الى شهر ذي الحجة والتسعة عشر سنة الاخرى تبقى ٣٥٤  
يوما وتسمى بسيطة والسنين الكبيسة في مدة كل ٣٠ سنة هي السنين ٢ و ٥ و ٧ و ١٠ و  
١٣ و ١٥ و ١٨ و ٢١ و ٢٤ و ٢٦ و ٢٩ ولعرفة السنين البسيطة والكبيسة نقسم  
عدد سنين التاريخ على ٣٠ فان بقي باق يساوى احدا الاعداد تكون السنة المطلوبة كبيسة  
والا فبسيطة مثلا سنة ١٣٠٧ هي بسيطة لان بقية ١٣٠٧ على ٣٠ يبقى ١٧ فهي  
اذن بسيطة

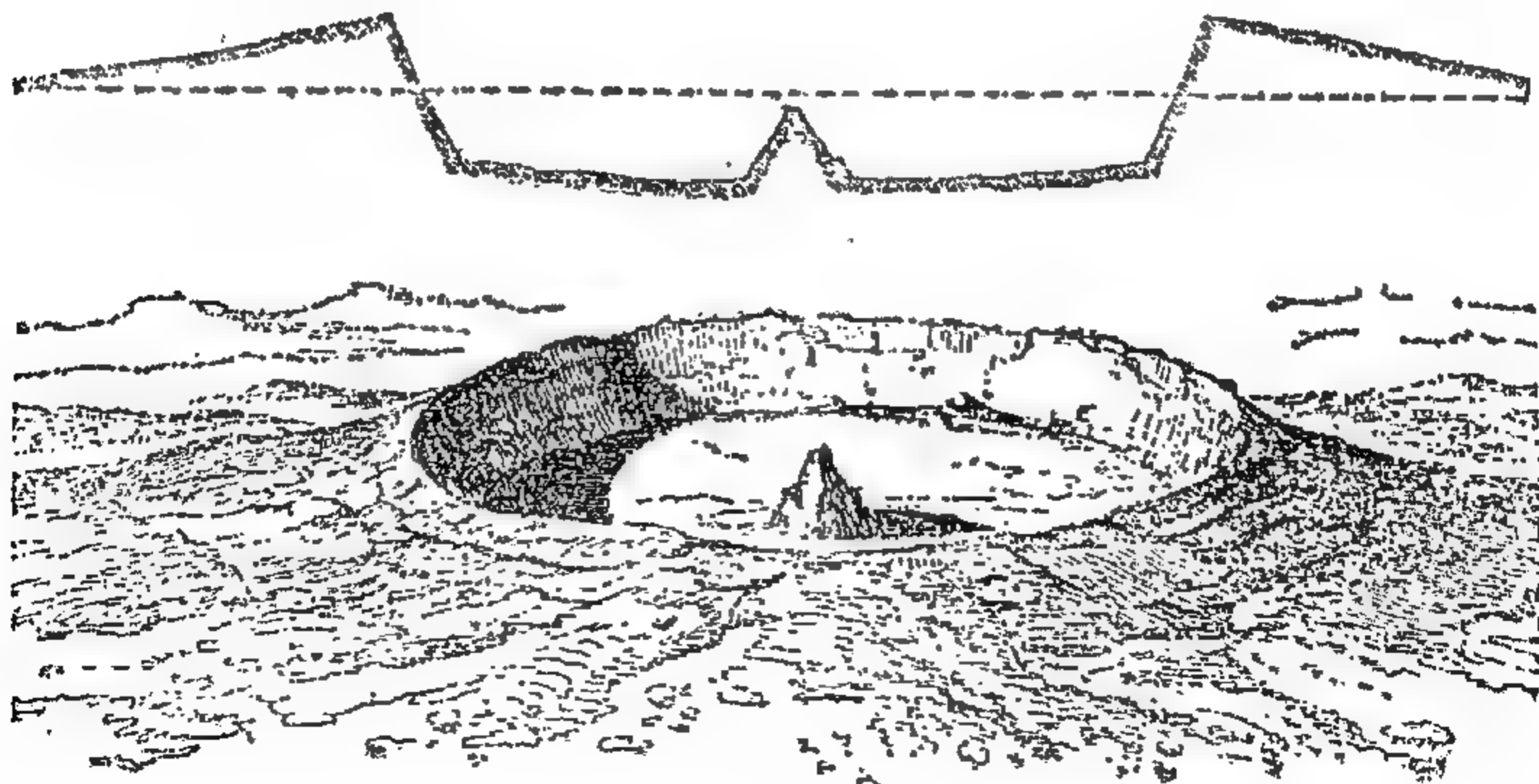
١٦٣ - في التركيب الطبيعي للقمر - اذ ارصد القمر وقت ما يكون بدرا بنظارة عظيمة



ش ٧٦

يرى عليه عدد كبير جدا من الكفات الصغيرة شكلها  
حلقى (شكل ٧٦) ومحيطات النقط اللامعة لا ترى  
حينئذ واضحة لكن اذا جرى الرصد في التربع الاول  
أو الاخير يظهر الجزء المستدير من صعا يتجاويف محاطة  
بسور مستدير يرمى ظلا وراءه وهذه جبال ذات  
صفات بركانية بالكلية وعلى العموم تنتهى هذه الجبال  
من أعلى بفوهة مستديرة قطرها عظيم يبلغ ١٥ فرسخا  
وعمق التجاويف يزيد كثيرا عن الارتفاع الخارجى

للفوهة عن سطح القمر وفي بعض الاحوال يصل الفرق الى ٧٠٠٠ أو ٨٠٠٠ مترا والقاع  
سهل مستو من مركزه ترتفع ربوة مخروطية ذات ميل واقف وعلى جميع الخط الفاصل بين الظل  
والنور يظهر داخل التجاويف الحلقة السوداء بالكلية ويرى أيضا رؤس بشكل نقط لامعة  
من تزعمة تستضيء بالاشعة الشمسية (شكل ٧٧)



ش ٧٧



١٦٤ - ارتفاع جبال القمر - بعمل جملة أقيسة مكرومترية توصّل لتعيين ارتفاع الجبال الشهيرة من القمر وقد وجد ٢٢ جبلا ارتفاعها يزيد عن ٤٨٠٠ مترا (ارتفاع الجبل الأبيض) وهالك جدولاً ببيان أسماء الجبال الشهيرة وارتفاعاتها

أسماء الجبال	أمتار	أسماء الجبال	أمتار
دورفيل . . . . .	٧٦٠٣	كوريثوس . . . . .	٦٧٦٩
نوتون . . . . .	٧٢٦٤	اوجينس . . . . .	٥٥٥٠
كاساتوس . . . . .	٦٩٥٦	تيخو . . . . .	٦١٥١

١٦٥ - عدم وجود جو وماء على سطح القمر - ليس للقمر جو ويتضح ذلك بكسوف النجوم فإنه متى مرت إحدى النجوم خلف الحافة المظلمة لقرص القمر بسبب حركته الخاصة بين الصور السماوية فإنها تنطفئ بغتة بدون أن يحصل في ضوءها نقص تدريجي يكون ناشئاً عن توسط ظرف غازي وتشاهد هذه الحالة للنجوم الصغيرة كما تشاهد للنجوم الكبيرة في مدة خسوف القمر وفضلاً عن ذلك إذا كان يحيط بكرة القمر جو فهما كانت كثافته لا بد وأن يكون عاكساً فالنجم بعد أن تحتفي حقيقة خلف القرص لا تزال باقية منظورة لحظة وكذلك ترى لحظة قبل خروجها بحيث أن مدة حادثة الكسوف لهذين السبيين تصير أقل من المدة التي تتعين بالحساب مع أن ذلك غير الواقع

وحيث ثبت أن القمر ليس له جو فلا يمكن أن يكون على سطحه بحار ولا نوع سائل ما لأنه من المعالوم أن الموائع تتبخر حالاً في الفراغ لأن ضغط الجو هو الذي يحفظ المياه على سطح الأرض وهو الذي يمنعها من التبخر فإذا كان هناك مياه على سطح القمر لتبخرت حالاً ونشأ من ذلك وجود جو وقد ثبت بطلانه

وحيث أنه لا توجد موائع ولا غازات على سطح القمر فلا يمكن أن يتصور وجود نباتات أو حيوانات من أي نوع كان وحيث نشد غالباً أن القمر غير مسكون ثم أنه وإن كان القمر خالياً من الجو ولكن لا يستحيل وجود بعض غازات داخل التجاويف العظيمة التي توجد على سطحه

## الفصل الخامس

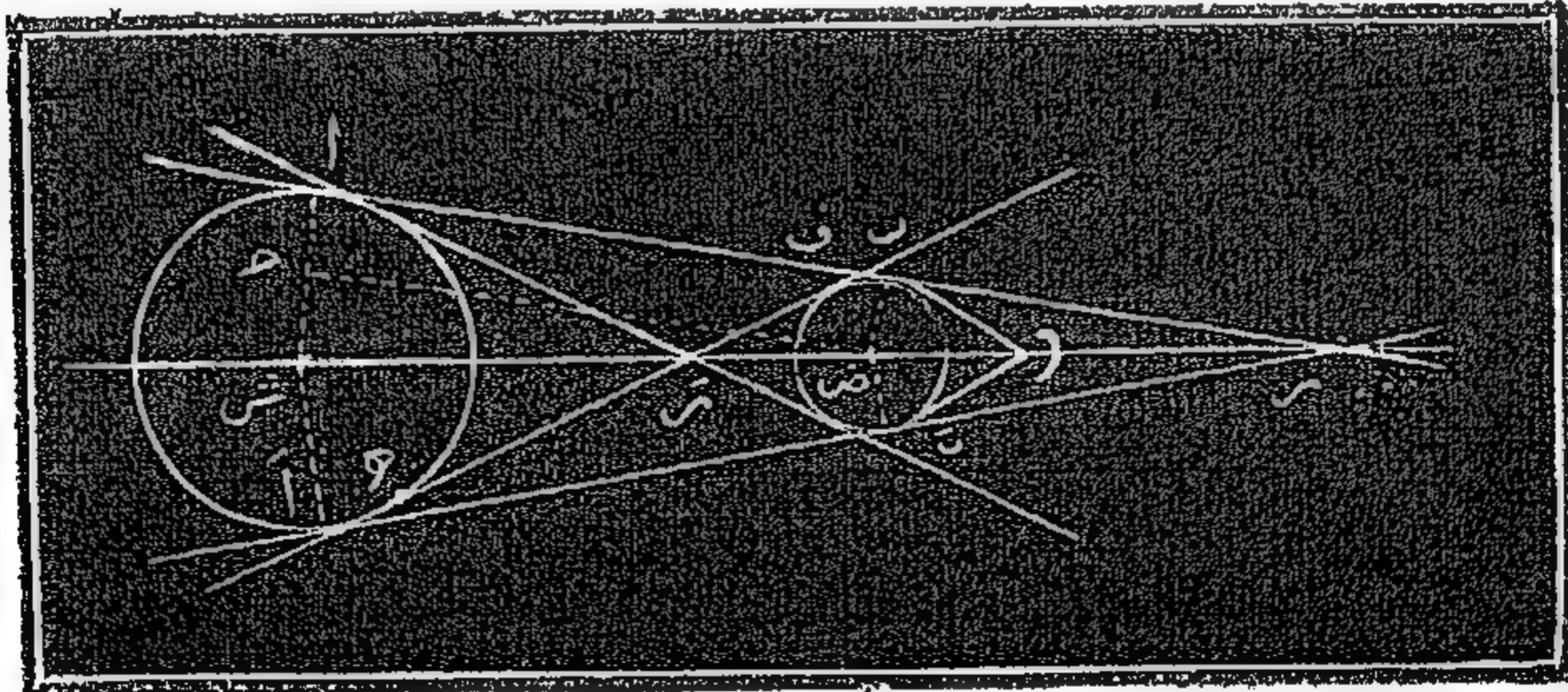
### كسوف الشمس - خسوف القمر

١٦٦ - كسوف الشمس وخسوف القمر - في وقت المحاق أعني وقت وجود القمر بين الشمس والأرض يفقد قرص الشمس أحياناً شيئاً كاله المستدير فيتقوّر من جهة واد التقوية على التوالي ثم تأخذ في النقص ويرجع القرص الى شكله المعتاد وأحياناً يغطي القرص بتمامه ولا يرى مدة دقائق وأحياناً يغطي جزءاً مركزياً منه ولا يرى سوى حلقة مضيئة وهذه الظواهر التي مدتها قصيرة تسمى كسوف الشمس وكذلك يظهر القمر أحياناً بأشكال مشابهة لهذه وقت ما يكون بدراً حينئذ تكون الأرض بين الشمس والقمر

١٦٧ - خسوف القمر - الأرض جسم متم نصفها مظلم دائماً وفي حركتها حول الشمس ترمى وراءها مخروط الظل يتعلق طولاً ببعدها عن الشمس وجميع نقط الفراغ التي توجد في هذا المخروط الظلي ممنوعة بداهة من نور الشمس ومتى دخل القمر كله أو بعضه في هذا المخروط يحصل خسوف كلي أو جزئي (شكل ٧٨) ولتثبت أولاً إمكان حصول الخسوف أعني دخول القمر في المخروط الظلي المذكور . لذلك نرسم مستويين يمر مركز الشمس والأرض فهذا المستوى يقطع الكرتين في دائرتين عظيمتين سبأ و صبب (شكل ٧٩) ثم نرسم المماس المشترك من الخارج سبأ للمحيطين ونعتبر المخروط المتولد من دوران هذا المماس حول سبأ بجميع نقط الفراغ التي في الجزء سبأ ب لا تتلقى ضوءاً من الشمس وهذا هو المخروط الظلي الذي ترميه الأرض وراءها ولحساب بعد رأس هذا المخروط عن مركز الأرض وهو سبأ نرسم سبأ موازياً أب فن المثلثين المتشابهين سبأ ح ص و ب ص س يحدث

$$\frac{سبأ}{سبأ} = \frac{صبب}{سبأ} \text{ ومنه } سبأ = \frac{صبب \times سبأ}{سبأ} = \frac{٢٣٣٠٠}{١٠٧٠٥٥٦} = ٢١٦$$

وذلك يجعل نصف قطر الأرض وحده



ش ٧٩



خسوف القمر وكسوف الشمس

٧٨



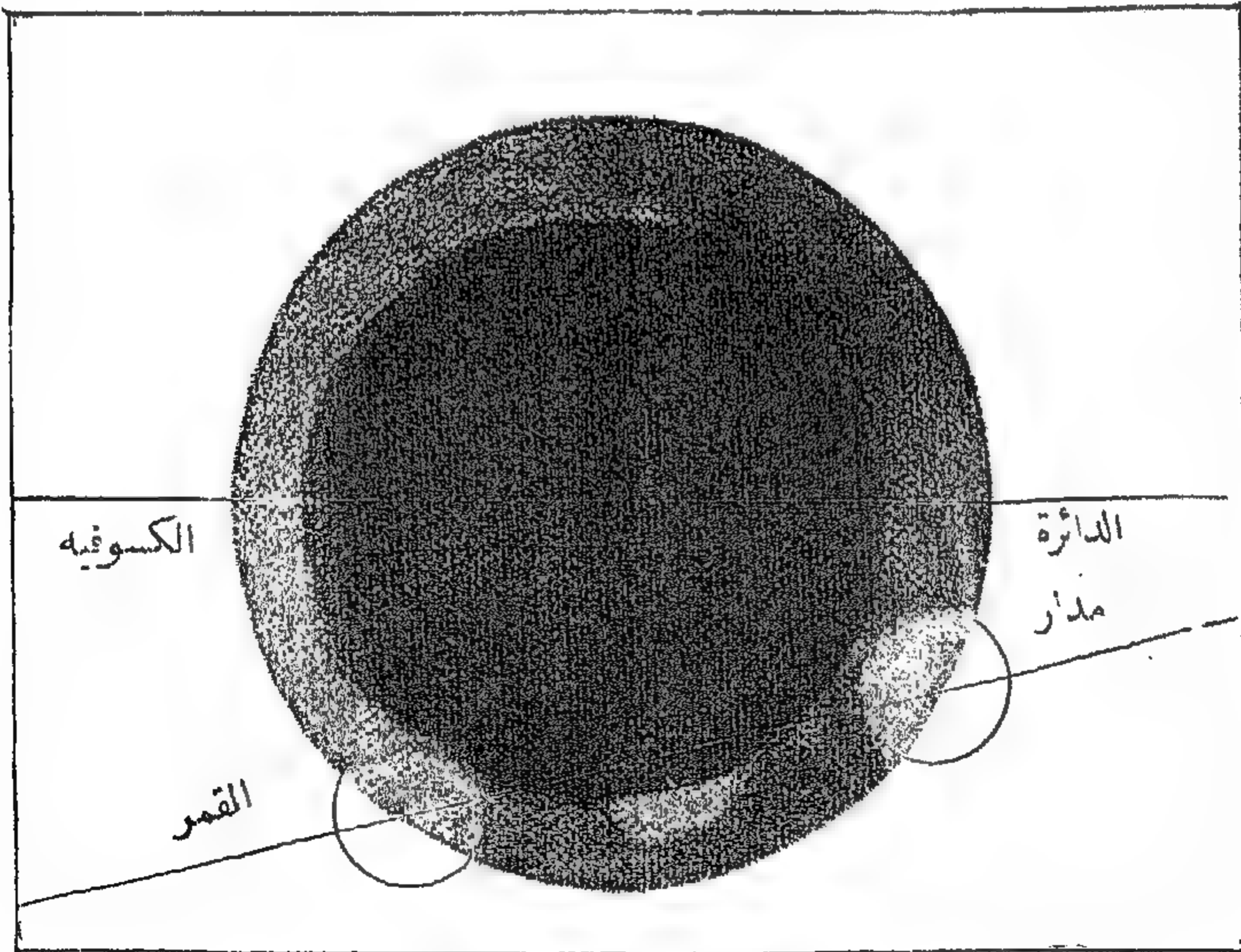


وحيث أنه يمكن أن يقابل القمر المخروط الظلي للأرض حيث أن بعده الأوجي عنها لا يبلغ نصف قطر خط الاستواء الأرضي ٦٤ مرة

ومع ذلك فيمكن أن ينحصر القمر بأكثر من ذلك المخروط وللبرهنة على ذلك نقول حيث أن قطر القطاع العرضي للمخروط في وسط البعد  $r$  يكاد أن يساوي نصف قطر الأرض وأن القمر يقابل المخروط الظلي على بعد منها قدر نصف قطر الأرض ٦٠ مرة تقريباً وقطر القطاع العرضي في طول هذا البعد أكبر من نصف قطر الأرض فبناء عليه يمكن أن ينحصر القمر بأكثر من ذلك المخروط الظلي لأن قطره ليس الأرباع قطر الأرض تقريباً وحيث أنه يحصل الخسوف وربما كان كاليا

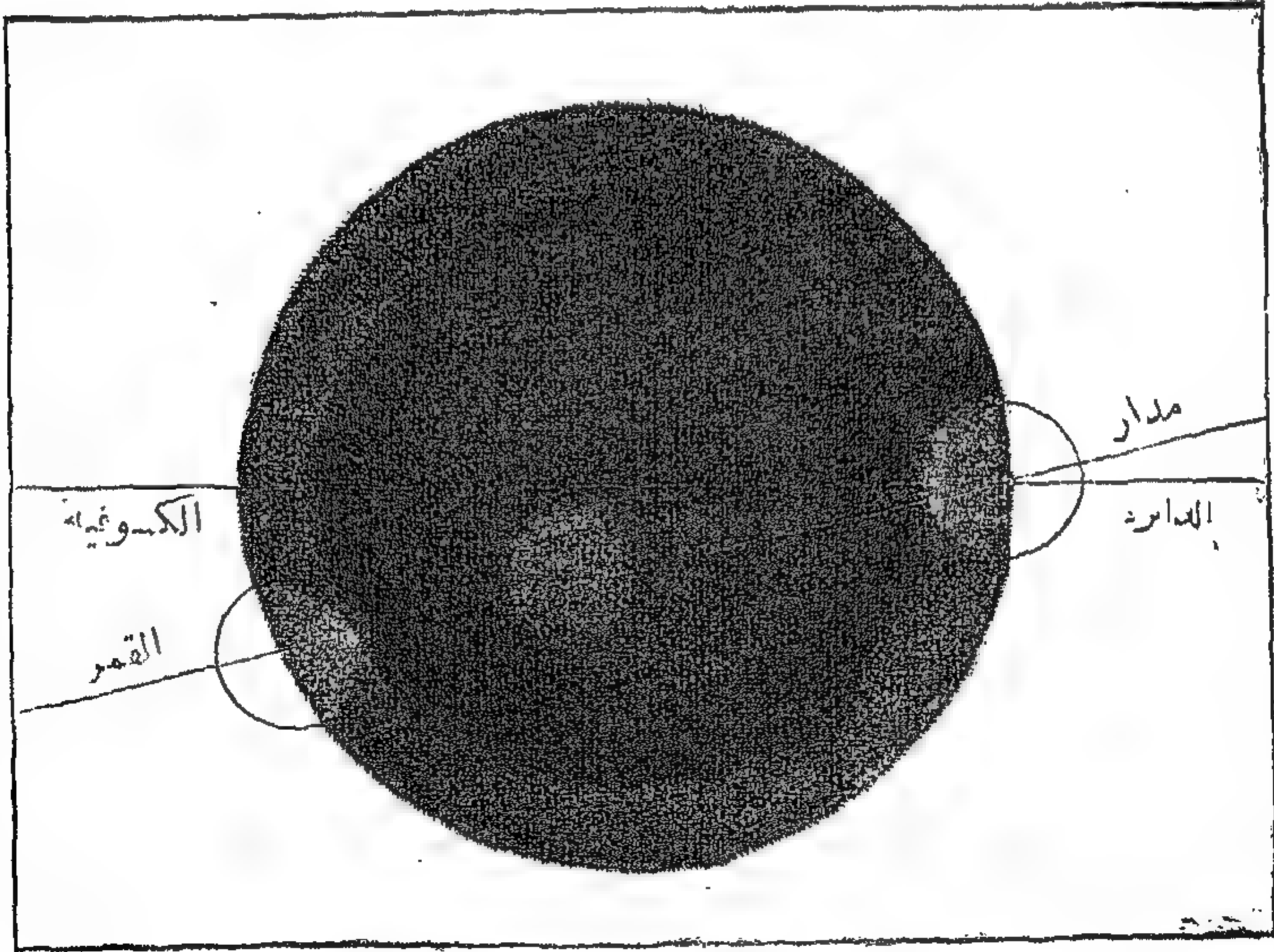
١٦٨ - شروط وقوع الخسوف - ينتج مما سبق أنه إذا كان مستوى فلك القمر منطبقاً على مستوى الدائرة الكسوفية يحصل خسوف دائماً في لحظة الاستقبال أو البدر ولكن حيث يوجد ميل بين المستويين فيمكن بسببه مرور المخروط الظلي للأرض فوق أو تحت القمر ولا يحصل الخسوف ما لم يكن القمر مجاوراً جد العقديتين في لحظة الاستقبال فيستحيل الخسوف متى تجاوز عرض القمر  $16^\circ$  أو  $1^\circ$  ويكون البتة متى كان العرض أقل من  $24^\circ$  أو  $52^\circ$  وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون

١٦٩ - الخسوف الجزئي - متى لم يدخل القمر إلا بجزء منه في المخروط الظلي للأرض



يسمى الخسوف جزئياً لكن قبل أن يدخل القمر في المخروط الظلي يقابل شبه الظل أعنى يقابل نقط الفراغ المحصورة في المخروط المتولد سطحه من دوران المماس المشترك من الداخل هـ ر ف (شكل ٧٩ و ٨٠) حول سـ صـ ويتبدى ضوء القمر حينئذ في النقص حيث يأخذ جزء الشمس الذي يضيئه في التناقص ثم ان القمر يصل المخروط الظلي الحقيقي ويمتد الظل شيئاً فشيئاً على السطح الى اللحظة التي فيها يوجد مركزه في النقطة من مداره الاقرب الى المحور سـ صـ وبالا ابتداء من هذه اللحظة تنقص التقويرية ويخرج الكوكب من المخروط الظلي الحقيقي ليدخل في شبه الظل و يأخذ ضوءه وقتئذ في الازدياد الى أن يصير في جزء الفراغ المستنير بالشمس بالتمام

١٧٠ - الخسوف الكلي - قد علمنا ان القمر يمكن أن ينحصر بأكمله في المخروط الظلي وذلك هو الخسوف الكلي كما في (شكل ٨١) فينقص أو لا ضوءه شيئاً فشيئاً بتتابع دخوله في شبه الظل وتكون التقويرية في لحظة دخوله في المخروط الظلي وتأخذ في الكبر شيئاً فشيئاً وبعد قليل يصير القرص بأكمله مغطى بظل الارض وتحصل تقريبا جميع أشكال القمر التي تشاهد بين البدر والمحاق التالي لكن في مدة قصيرة جدا لان النهاية العظمى لمدة الخسوف ساعتان وبعدها يستقر القمر مدة مغطى بظل الارض ينقص ويظهر جزء منه وتحصل جميع الاشكال التي شوهدت أولا لكن على عكس الترتيب





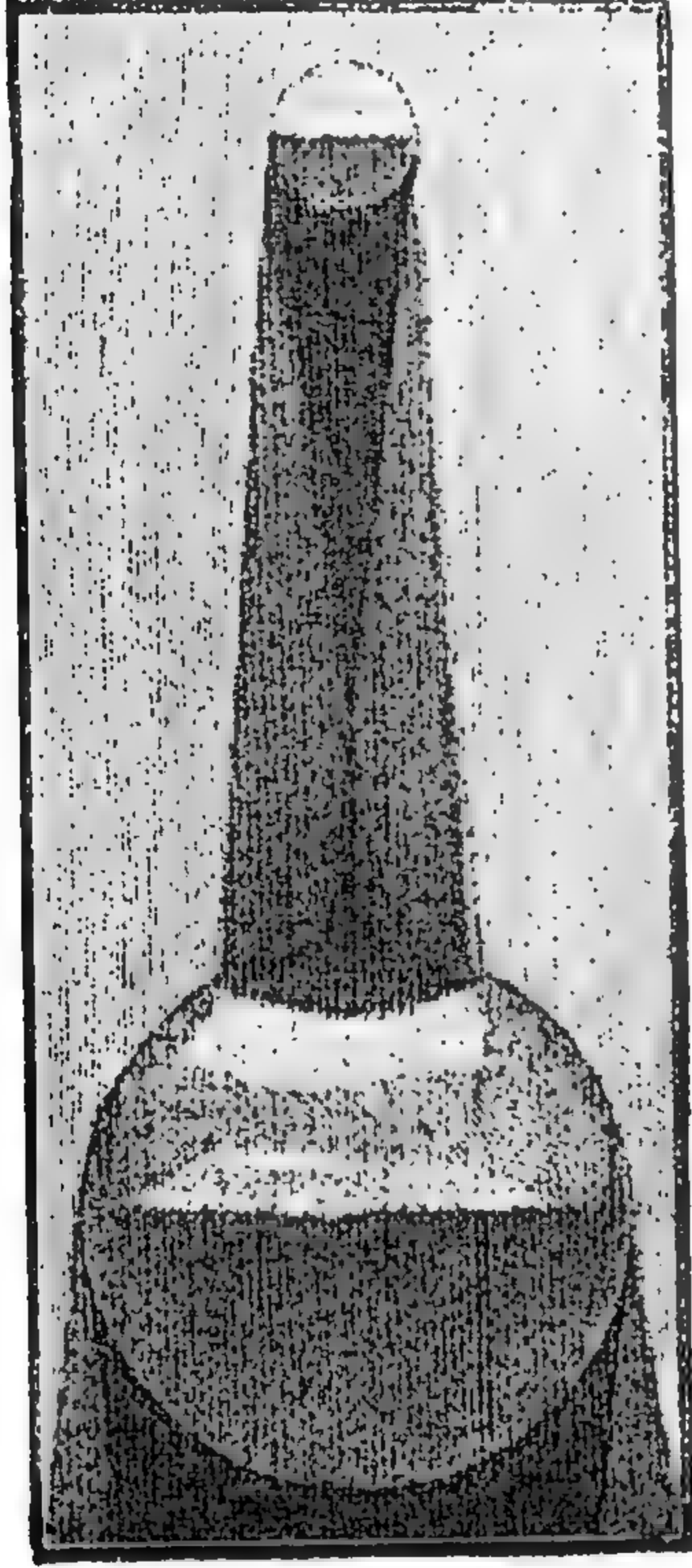
١٧١ - تأثير جوا الارض على الظاهرة - في مدة الخسوف الكلى لا يكون القمر مجردا عن الضوء بالكلية بل يظهر بلون محمر وسبب ذلك ان الاشعة التى تمر من جوا الارض يعثر بها انحراف يقربها من محور المخروط الظلى وبسبب هذا الانحراف تقرب رأس المخروط الظلى الذى لا يتلقى الاشعة الضوئية مباشرة من الارض وتصير في (شكل ٧٩) والحساب يبين ان طول المخروط بسبب ذلك يؤل الى ٢ ٤ مرة قدر نصف قطر الارض والقمر الذى بعده المتوسط عن الارض ٦٠ نصف قطرها لا يمكن ان يدخل حيثئذ في الجزء ب و ر التام الظلمة وحيثئذ في لحظة الكسوف الكلى لا يكون القمر غير ظاهر بالكلية بل يظهر قرصه بالكيفية التى ذكرناها واللون المذكور انما هو ناشئ من كون الاشعة الشمسية المنسوبة لها هذه الاستضاءة قد مرت من طبقة جسمية السمك من الجوا الارضى وتشرب الجوا للضوء يميل الى تغيير لون الاشعة المذكورة

١٧٢ - كسوف الشمس - قد ذكرنا فيما تقدم ان كسوف الشمس يحصل في لحظة الاجتماع دائما

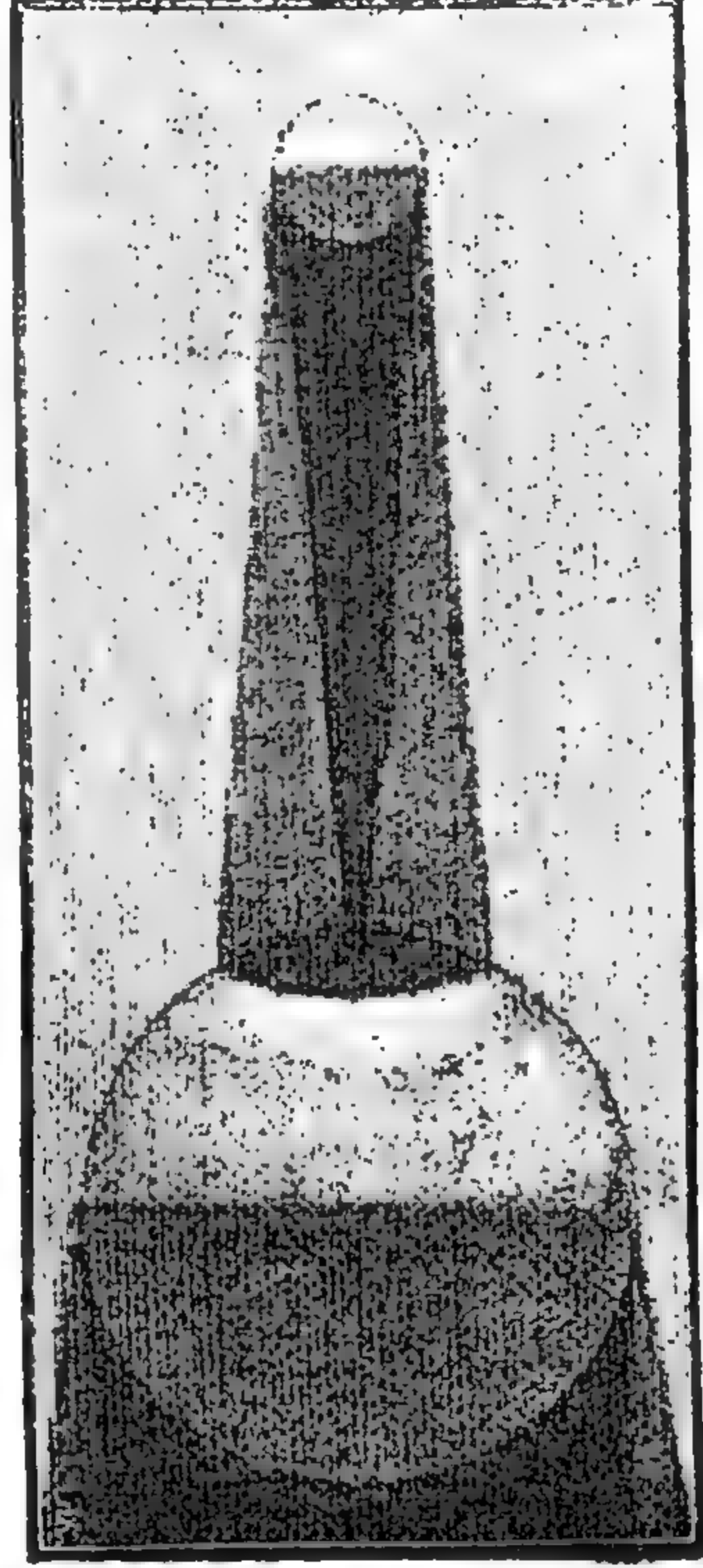
فالقمر الذى هو جسم معتم يحمل وراءه في حركته حول الارض مخروطا من الظل طوله يتعلق ببعد القمر عن الشمس ويمكن حساب هذا الطول كما جرى في (بند ١٦٧) فيوجد أنه يتغير بين ٥١ و ٥٩ نصف قطرها و من جهة أخرى بعد مركز القمر عن أقرب نقط الكرة الارضية اليه يتغير بين ٥١ و ٦٣ نصف قطرها و من ذا ينتج انه حينما يكون القمر في الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الى الارض وحينما يكون القمر في الحضيض يمكن أن يقابل المخروط الظلى بجهة نقط من سطح الارض وتحصل حادثة كسوف الشمس

ولزيادة الايضاح نقول انه متى وصلت رأس المخروط الظلى الى الارض يكون الكسوف كليا بالنسبة لجميع النقط الارضية الموجودة داخل المخروط (شكل ٨٢) وبالحساب علم ان المنطقة التى يكون الكسوف كليا بالنسبة لها في لحظة ما معينة أقل من  $\frac{1}{13}$  من السطح الكلى للارض لكن بسبب الحركة الدورانية للارض مع الحركة الانتقالية للقمر يمتد المخروط الظلى في الحقيقة على سعة أكثر من ذلك وقد قلنا انه حينما يكون القمر في الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الى الارض فلا يحصل كسوف كلى بالنسبة لاي نقطة من الارض (شكل ٨٣) وبالنسبة للنقط الموضوعة على محور المخروط يكون القطر الظاهري للشمس أكبر من القطر الظاهري للقمر ويجب حينئذ ان يرى من هذه النقط حافة الشمس مكونة حلقة مضيئة حول قرص القمر ويسمى الكسوف حلقي

وفي وقت وجود كسوف كلى أو حلقى بالنسبة لبعض نقط من سطح الارض فانه يكون كسوفاً جزئياً بالنسبة للنقط أخرى كثيرة يصل اليها شبه الظل وذلك أن هذه النقط لا يمكن أن يشاهد منها الاجزاء من الشمس يكون صغيراً كلما كانت هذه النقط قريبة من المخروط الظلى



كسوف حلقى  
ش ٨٣



كسوف كلى  
ش ٨٢

١٧٣ - شروط وقوع الكسوف - اذا كان مستوى مدار القمر منطبقاً على مستوى الدائرة الكسوفية فانه يحصل كسوف فى كل اجتماع ولكن بسبب ميل المستويين يتأتى غالباً انه فى وقت الاجتماع يمر المخروط الظلى فوق أو تحت الارض وفى هذه الاحوال لا يحصل كسوف ويكون الامر بالعكس اذا كان عرض القمر قليلاً فى وقت الاجتماع أعنى اذا كان القمر قريباً من عقديته قرباً به تدخل الارض فى المخروط الظلى وشبه الظل وبالحساب وجد أن الكسوف يكون محققاً حينما يكون عرض القمر أقل  $10^{\circ}$   $24^{\circ}$  وقت الاجتماع ويكون مستحيلاً اذا كان العرض أكبر من  $2^{\circ}$   $32^{\circ}$  وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون وحينما يصير الكسوف كلياً تحصل ظواهر شهيرة فباختفاء الشمس يتناقص النور وتنخفض

درجة الحرارة ومتى آل القرص الى هلال رفيع جدا تحتوى بغتة وينقلب النهار لا يمكن  
لا يكون ليلا تاما بسبب الضوء المنعكس بالجو وانما ترى النجوم ويزيد الكروموسير والنتوات  
عن الجزء المنكسف ويحدث ما يسمى بالا كليل وبعدليل قدر سبع أو ثمان دقائق (٥٨ و ٧  
في خط الاستواء) يخرج شعاع ضوئى دفعة واحدة غربى القمر ويظهر النهار بغتة بالثاني  
وتظهر الشمس شيئا فشيئا حتى ترى جميعها

١٧٤ - الفرق بين الخسوف والكسوف - الخسوف يرى من جميع بقاع الارض  
التي فيها يكون القمر فوق أفقها وحيث ان الحادثة تنشأ عن ذهاب نور التسمر فيكون الشكل  
واحدا في جميع النقط الارضية المذكورة وأما في الكسوف فان سطح الشمس يغطى بقرص  
القمر فقط والتأثير الناتج عن هذا التوسط يجب ان يتغير حينئذ على حسب الاوضاع المتناظرة  
للاصد وللقمر وللشمس وتحصل الحادثة على التوالي في النقط المختلفة بمجرد انتقال الظل  
وشبه الظل على سطح الارض

١٧٥ - دور الكسوف والخسوف - قدسمى الاقدمون مدة قدرها ١٨ سنة  
و ١١ يوما باسم مخصوص (ساروس) لانها تحتوى على ٧٠ خسوفا وكسوفاتها ٢٩ خسوفا  
و ٤١ كسوفا والخسوفات والكسوفات التي شوهدت في غضون هذه المدة تحصل في المدة  
التالية لها بالعبد بعينه وفي التواريخ بعينها وبذلك توصل الاقدمون الى القول بالخسوف  
والكسوف متبداً ولكن في أيامنا هذه وجود الجدول الفلكية المضبوطة أغنى عن هذا  
الاعتبار

والكسوفات أكثر حصولا من الخسوفات وذلك لانه لا اجل حصول الكسوفات يكفي دخول  
القمر بين الشمس والارض في المخروط المرسوم عليهم ما من الداخل وأما الخسوفات فانها تحصل  
حينما يدخل القمر في المخروط الظلى للارض وحيث ان الابعاد العرضية للمخروط تكون  
في الجهة الاولى أكبر من الثانية فالدخول الاول يحصل أكثر من الثاني

ومع ان الكسوفات أكثر من الخسوفات فان الخسوفات تكون أكثر حصولا من الكسوفات  
بالنسبة لنقطة واحدة من سطح الارض وسبب ذلك ان الخسوفات ترى دفعة واحدة من جميع  
النقط التي القمر فوق أفقها وأما الكسوفات فلا ترى الا على التعاقب ومن جزء من نصف  
الكرة الارضية الموجه نحو الشمس فقط

وفي السنة الواحدة يوجد بالاكثير ٧ كسوفات وخسوفات وبالاقل ٢ وحيثما لا يوجد الا اثنان  
فهما كسوفان



## الفصل السادس

### المد والجذر

١٧٦ - وصف حادثه المد والجذر - يرتفع البحر وينخفض كل يوم مرتين بل كل ٥. ٢٤ عن تسوية متوسطه فحينما يرتفع البحر ينحرف على الشواطئ ويدفع بالثاني مياه الانهر فترتفع حينئذ في مجاريها وهذا هو المد . ومدة الارتفاع ست ساعات ومتى أخذ البحر نهايته العظمى من الارتفاع يستمر سبع أو ثمان دقائق ثم يتدنى في الانخفاض زاحفًا عن الشواطئ التي كان عليها شيئا فشيئا وهذا هو الجذر وبعد الجذر يحصل مد جديد وهكذا

والمسافة بين المدين ٢٥ و ١٢ ومدة المد تزيد عن مدة الجذر لان البحر يستعمل زمنا في الصعود أكثر من النزول والفرق ليس واحدا بالنسبة لجميع المين فقد رآه في هافر وبولوني ٢٨ ٢ وفي مينه برست ١٧ فقط

١٧٧ - تغير أوقات المد والجذر - التأخير اليومي لحادثه المد والجذر هو ٥. دقيقة وهذا المقدار هو مقدار تأخير مرور القمر بمستوى الزوال كل يوم وحيث ان تأخير ٥. دقيقة كل يوم يحدث تأخير قدره ٢٤ ساعة بعد ٢٩ يوما وثلاث أعني بعد شهر قري فيجب حينئذ ان تنقلب أوقات المد والجذر كل نصف شهر قري من صباح الى مساء وبالعكس وبعد شهر قري كامل يعود المد والجذر الى الاوقات الاولى بعينها وحينئذ فهناك ارتباط بين الاوقات التي يحصل فيها المد والجذر وبين أوقات مرور القمر بمستوى الزوال

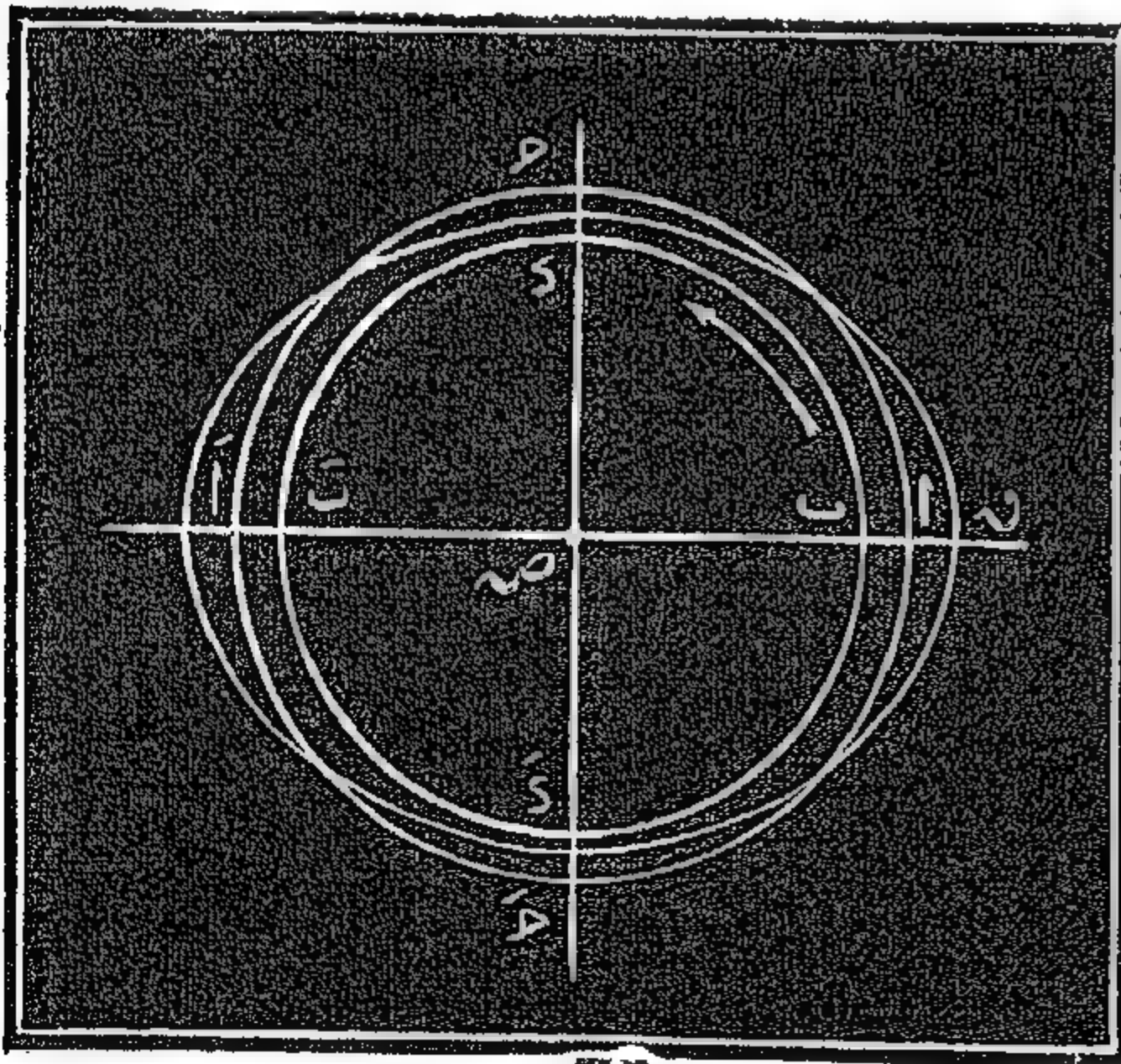
١٧٨ - تغير الارتفاع - كلما كان ارتفاع المياه في المد كبيرا كلما كان انخفاضها كبيرا في الجذر التالي له وبأخذ المتوسط بين جذر ومد متتاليين يتحصل على نتيجة ثابتة تقريبا ولهذه التسوية تنسب الارتفاعات في عمليات الميزانيات ويسمى مدا كليا متوسط مدين أحدهما يلي جذرا والاخر يسبقه والمد الكلى في الوقت الواحد متغير على حسب المين بسبب اختلاف شكل الشواطئ وفي المينة الواحدة يتغير على حسب أوجه اشكال القمر وعلى حسب ابعاد الارض عن القمر والشمس وعلى حسب ميل هذين الكوكبين ففي وقت الاجتماع والاستقبال يصل المدنهايته العظمى والجذرهايته الصغرى وأما في وقت التربيعة فيأخذ المدنهايته الصغرى وليعلم ان أعظم مد لا يحصل في نفس لحظة الاجتماع أو الاستقبال بل بعدها بقدر ٣٦ ساعة فالمد الثالث الذي يلي الاجتماع والاستقبال هو الذي يكون أكبر مد وكذلك المد الثالث الذي يلي التربيعة الاول والاخير يكون هو أصغر مد وهذا التأخير ينسب لاختلاف

العناصر السائلة بعضها على بعض وعلى قاع البحر وينشأ عن هذا الاحتكاك بطء في حركتها وفي (برست) يصل المد الكلى للاجتماع والاستقبال في المتوسط ارتفاعا قدره ٦,٢٥ مترا والمد الكلى للتربعين فيها هو ٣,١٠ متر فقط

وبعد الارض عن القمر يحدث تأثير على مقدار المد الكلى الذي يزداد باقتراب القمر من الارض ويتناقص بتباعده عنها وفي مينة (برست) تغير البعد المذكور يحدث تغيرا مقداره ١,٧٧ في ارتفاع المد الكلى وكذلك تغير بعد الشمس عن الارض يؤثر على مقدار المد الكلى غير ان ذلك التأثير قليل بالنسبة لتأثير القمر

وكذا ارتفاع المد والجزر يتغير على حسب ميل الشمس والقمر فحينما يكون القمر قريبا من دائرة المعدل في وقت الاعتدالين يكون المد المقابل للاجتماع والاستقبال هو أكبر مد وينتج من جميع ما تقدم ان هناك ارتباطا أصليا بين حادثة المد والجزر وحركات القمر والشمس وسنبين ان المد والجزر هما نتيجة تأثير جاذبية القمر والشمس على الارض أعني نتيجة من قاعدة الجذب العام

١٧٩ - المد والجزر القمري - نفرض الارض كروية ومحاطة بطبقة من الماء ذات سمك واحد فليان الشكل الذي يأخذه سطح السائل بتأثير جذب القمر نفرض ان مستوى خط الاستواء الارضى ينطبق على مستوى مدار القمر وليكن ب د د' (شكل ٨٤) هو خط الاستواء الارضى و ا ح ا ح' سطح السائل و و هو القمر في سمت نقطة ا فتأثير القمر على الجزء الجامد من الارض يكون بعينه كما لو كانت جميع كتلتها مجمعة في مركزها ص (وهذه مسألة ميكانيكية نأخذها



شكل ٨٤

بالتسليم) وحيث ان الجذب مناسب لعكس مربع البعد فبناء عليه يحصل التأثير كما اذا كان العنصر ب على بعد ٦٠ نصف قطر ارضي بخلاف العنصر السائل ا فهو على بعد ٥٩ نصف قطر فقط ونسبة مقادير الجذب تكون حينئذ مساوية الى

$$\frac{1}{59} : \frac{1}{60} = \frac{60}{59} = 1 + 0.017$$

وحيث ان العنصر  $\alpha$  مجذوب بقوة أكثر من العنصر  $\beta$  فيميل الى أن يتفصل عن سطح الأرض لولا تأثير التشاقل غير ان تأثير التشاقل على العنصر  $\alpha$  يكون ضرورة منقوصا وفي الطرف الآخر من القطر يكون الجذب على  $\alpha$  أقل من الحاصل على  $\beta$  وتكون النسبة مساوية الى

$$\frac{1}{r_{\alpha}} : \frac{1}{r_{\beta}} = \frac{r_{\beta}}{r_{\alpha}} = 1 - 0.3 = 0.7$$

وبناء عليه تميل  $\beta$  لان تتفصل عن  $\alpha$  والتشاقل الذي يحفظ العنصر  $\alpha$  على سطح الأرض يوجد كذلك منقوصا يجذب القمر

والعنصران السائلان الموضوعان على القطر العمودي على  $\beta$  يمكن اعتبارهما وجودين على بعد من القمر هو عين بعد المركز منه وتؤثر التشاقل الأرضي على هذه العناصر لا يعتريه أدنى نقص و ينتج مما سبق انه يمكن اعتبار الكتلة السائلة متأثرة بتأثيره غير من التشاقل يأخذ في الزيادة من  $\alpha$  و  $\alpha$  نحو  $\beta$  و  $\beta$  بحيث ان الطبقة السائلة يلزم ان تأخذ شكل مجسم ناقص دوراني مفرطح على حسب  $\alpha$  و مبطط على حسب الاتجاه العمودي  $\beta$  كما يتبين من (شكل ٨٤)

وذلك هو الشكل الذي تأخذه مياه البحر بكيفية مستديمة اذا بقي القمر والأرض غير متحركين لكن من الحركة الدورانية للأرض ومن الحركة الإتقالية للقمر حول الأرض ينتج أن القمر كأنه يرسب من الشرق الى الغرب موازيا سماويا في  $28^{\circ} 50'$  و لنفرض ان القمر يمر الآن بمستوى زوال نقطة  $\alpha$  فيوجد مدني  $\alpha$  و  $\beta$  وجذري  $\beta$  و  $\alpha$  اللتين فيهما يرى القمر يشرق ويغرب وبعد اللحظة المفروضة بقدر  $37^{\circ} 12'$  يمر القمر بمستوى زوال النقطة  $\beta$  ويوجد حينئذ مدني  $\beta$  و  $\alpha$  وجذري  $\alpha$  و  $\beta$  وهكذا

وحيث ان النقطة حيثما اتفق من المحيط  $\alpha$  و  $\beta$  يتعين في كل يوم قري

أولا - مدني المرور العلوي للقمر بمستوى الزوال

ثانيا - جذري غروب القمر

ثالثا - مدني المرور السفلي للقمر بمستوى الزوال

رابعا - جذري شروق القمر

وتلك هي الظواهر التي تحصل في الجزء الاستوائي تقريبا لكن في منطقة الايمر القمر مطالقا بالسمت ولا يتحصل على أعلى اتفاح وزيادة على ذلك تصل موجة المد في لحظة واحدة بجميع



المحلات الموضوعة على مستوى الزوال الذي يمر أعلاه القمر أو على مستوى الزوال المقابل على الاتجاه القطري

١٨٠ - المد والجزر بالنسبة للشمس - جميع ما ذكر في البند السابق منطبق على تأثير الشمس على الطبقة السائلة المحيطة بالأرض فيحصل فيها مد وجزر شمسي مدته يوم شمسي ومع كون مجسم الشمس أكبر كثيرا من مجسم القمر لكن تأثير الشمس أقل من تأثير القمر بسبب عظم البعد الذي يفصلها عن الأرض ويمكن

بالحساب تعيين النسبة بين التأثيرين وليكن م مجسم القمر و د بعد مركزه عن مركز الأرض و ف جذب وحدة المجسم في وحدة المسافة و ب نصف قطر الأرض فالقوة التي تجذب العنصر أ تبين بالقانون (١)

$$\frac{F}{(d-m)^2} = \frac{F}{d^2} - \frac{F}{(d+m)^2}$$

وحيث أن ب كسر صغير من د يمكن صرف النظر عنه ويتحصل

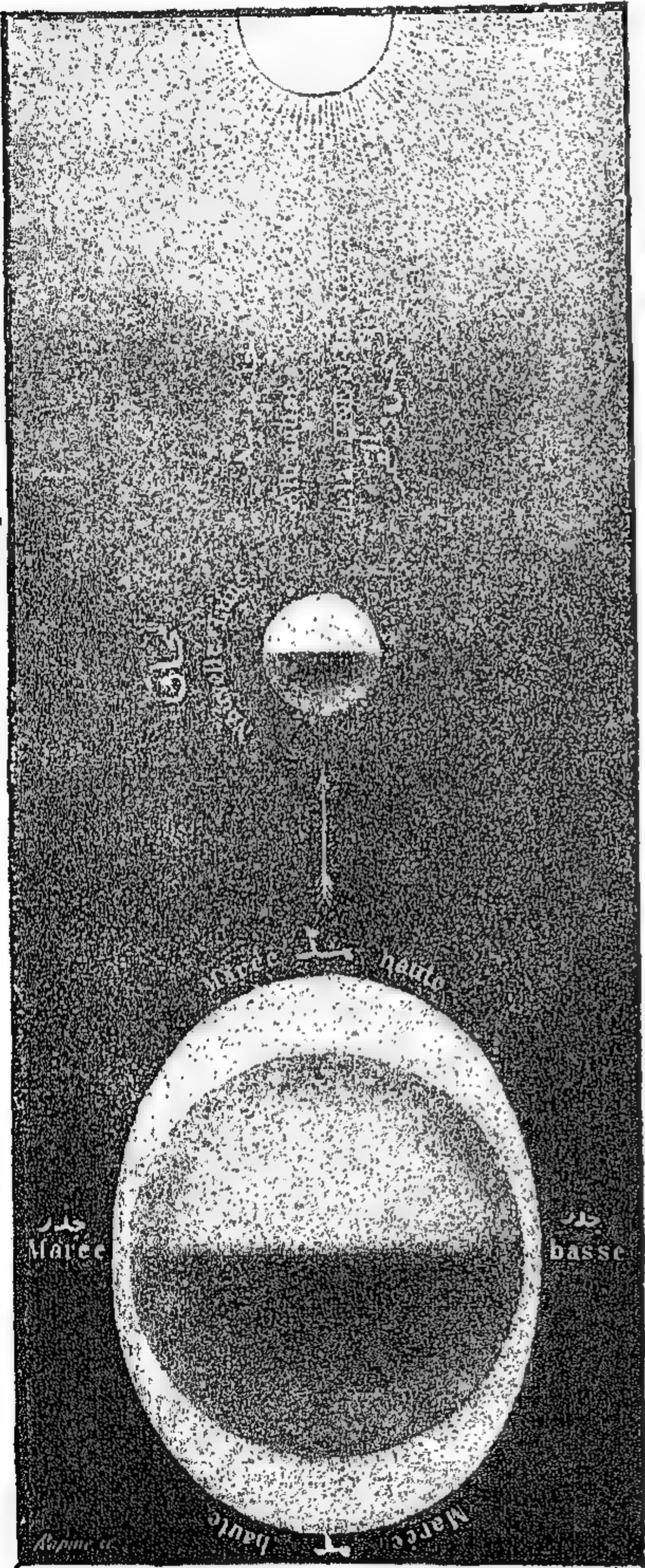
$$\frac{F \times 2}{d^3}$$

وبالحرف م بالحرف م وبالحرف م أبعد مركزها عن مركز الأرض فجاذبية الشمس التي تجذب العنصر أ تكون مبنية بالمقدار

$$\frac{F}{d^3} \times 2$$

والنسبة بين القوتين هي

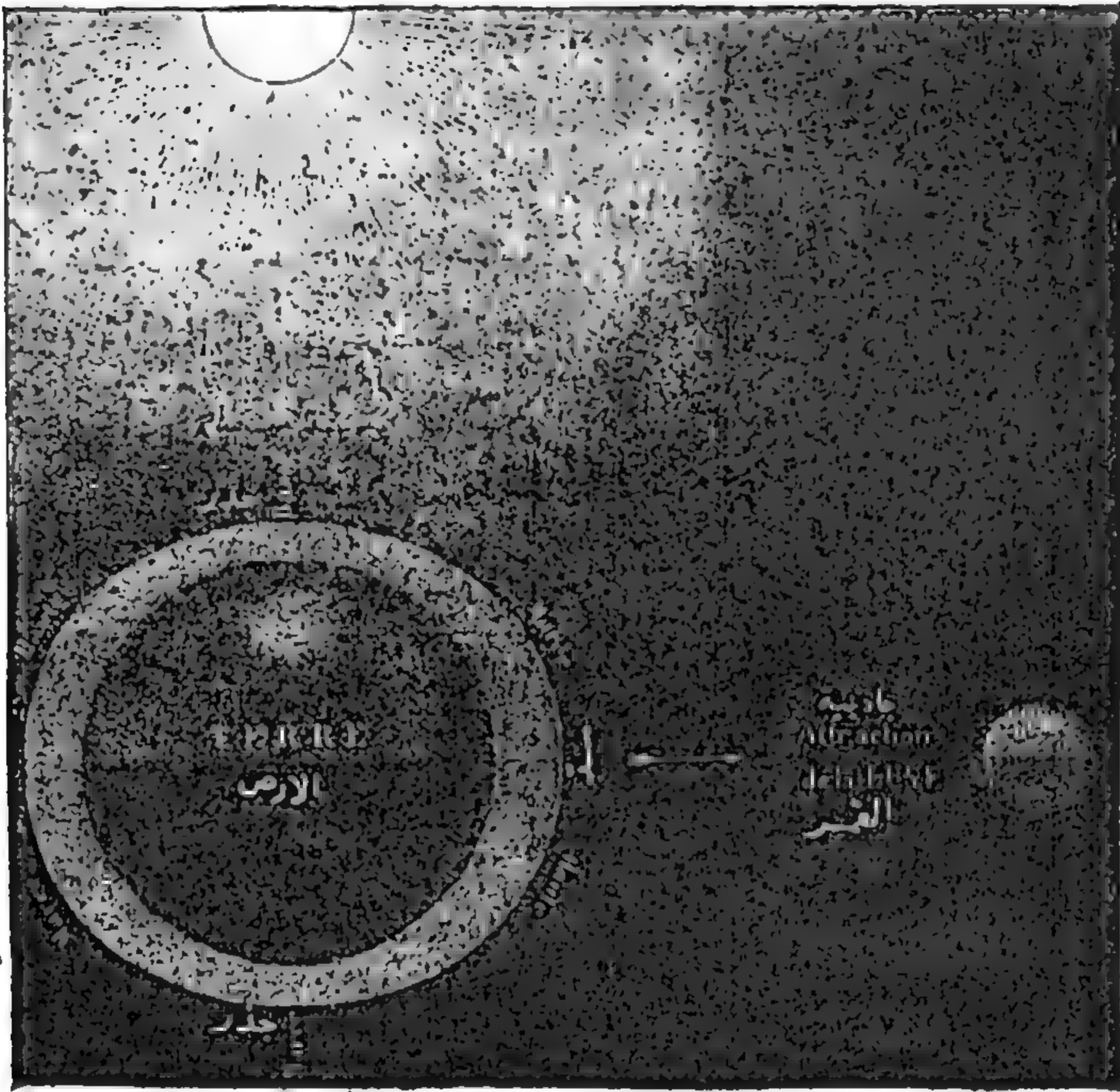
$$\frac{F}{d^3} \times \frac{1}{m} = \frac{2}{5} \text{ تقريبا}$$



ش ٨٥

(١) سوف ترى أن الجذب يتغير بالنسبة للمجسم وبالنسبة العكسية لمربع المسافة

والمد الشمسي حينئذ أقل من المد القمري ولما كانت أوقات الظواهر مختلفة فينضم المد الشمسي تارة الى المد القمري ويطرح منه تارة أخرى وحيث ان الكواكب الثلاثة في وقت الاجتماع والاستقبال تكون على خط مستقيم واحد (شكل ٨٥) فينضم التأثيران ويحصل أعظم مد وحيث ان الشمس والقمر وقت التربيع يمران بمستوى الزوال على مسافة زمنية بين مرورهم ما قدرها ست ساعات فيكون التأثيران متضادين ويحصل أقل مد (شكل ٨٦)



ش ٨٦

وحيث يتبين من القانون السابق أن التأثير يتغير بالنسبة العكسية لمكعب بعد مركز الكوكب عن مركز الأرض فحصول أعظم مد يكون حينما يكون الشمس والقمر في أقرب وضع لهما إلى الأرض ولذا يكون المد في المنقلب الشتوي أعظم منه في المنقلب الصيفي

١٨١ - مقرر المين - اذا كانت الأرض مغطاة بأكملها بطبقة من الماء ذات سمك واحد ارتفعت مياه البحر على حسب ما بيناه من القوانين وارتفع أو انخفض البحر في محله وما كان المد والجزر يعينان تيارات قادرة على أن تجذب معها الاجسام العائمة ولكن حيث ان المغطى من الأرض بالماء هو ثلثها فقط فينما يرتفع البحر يعتمد على الشواطئ القليلة الميل



ويحدث التيار الذي أعطى له اسم مد فالمد يحصل في وسط المحيط وقت مرور الكوكب بمستوى الزوال والامواج الحاصلة منه تمتد شيئاً فشيئاً نحو الشواطئ ويحصل ما يسمى بالبحر العالي في المين بعد ذلك المرور بزمن معلوم مثلاً المين فرنسا النهاية العظمى والصغرى للمد المركب تحصل بعد كل اجتماع واستقبال أو تربع بقدر  $36$  ساعة فقط

وأيضاً فان اقتراب الاراضى يقاوم امتداد الموج وتختلف هذه المقاومة على حسب شكل الجوانب وعمق الماء وبهذا تكون لحظة المد واحدة في ميتين موضوعتين على خط جانبي واحد وذلك هو تأخير آخر ثابت للمينة الواحدة لكنه متغير من مينة الى أخرى وهذا التأخير محسوب بالنسبة لجميع النقاط المهمة من الشواطئ ويسمى مقرر المين واهمية مقرر المين تختص بالملاحين الذين لا يمكنهم في الغالب أن يدخلوا مينة أو يخرجوا منها الا في مدة المد في (برست) يحصل المد يوم الاجتماع والاستقبال بعد نصف الليل أو نصف النهار بقدر  $4\frac{1}{2}$  س (برست) ويكون مقرر المينة هو حينئذ  $4\frac{1}{2}$  س والمقرر المذكور في (شربورج)  $8\frac{1}{2}$  س وفي (هافر)  $9\frac{3}{4}$  س وفي (ديب)  $8\frac{1}{2}$  س

وحادثة المد والجزر تصير محسوسة في امتداد عظيم جداً من الماء ومع ذلك فانها تحصل بشدة مختلفة فتكون عظيمة جداً في شواطئ المحيط وضعيفة في مثل البحر المتوسط ومعدومة تقريباً في كثير من البحار مثل بحر البلطيق وبحر الكزبين



## الباب السادس في السيارات

### الفصل الاول

#### المجموعة الشمسية

١٨٢ - السيارات عند قدماء الفلكيين - قد كان الاقدمون يسمون الكواكب التي لها حركة خصوصية فيما بين الصور السماوية غير الحركة اليومية للقبعة السماوية بالسيارات فكانت الشمس والقمر عندهم من السيارات وكذلك عطارد والزهر والمريخ والمشتري وزحل والمدارات التي ترسمها هذه الاجرام كانت منسوبة للارض التي كانوا يعتبرونها ثابتة في مركز العالم

وأما اليوم فقد علم أن القمر وحده يدور حول الارض وان الحركة اليومية منسوبة الى الكرة الارضية وليست الى النجوم ولا الى الكرة التي يظهر ان هذه النجوم مرصعة عليها وان مدار الشمس ليس الا ظاهريا وان الارض هي التي تتحرك حول الشمس التي هي بؤرة المجموعة الفلكية وحينئذ تكون الارض كوكبا سيارا وكذلك الزهر وعطارد والمريخ والمشتري وزحل واورانوس ونبتون وكل هذه السيارات تتم دورتها حول الشمس في أزمان غير متساوية وغير متغيرة والسيارات الاخيرة أولهما اكتشف في سنة ١٧٨١ والثاني في سنة ١٨٤٦ وفي مبدأ هذا القرن أي التاسع عشر قد وجدوا عددا عظيما من السيارات يظهر انهم مكونة مجموعة خصوصية وتمتاز عن السيارات الاولى المسماة سيارات أصلية باسم سيارات صغيرة أو سيارات تلسكوبية بالنسبة لصغرها بعداها الحقيقية والظاهرية وهي مكونة حلقة كائنة بين المريخ والمشتري

وليست الارض فقط هي التي لها تابع أعني جرم ما يرسم حولها مدارا مشابها للذي ترسمه هي حول الشمس بل من وقت اختراع النظارات علم ان المشتري له أربعة أقمار وكذلك اورانوس وأما زحل فلثلاثة أقمار ونبتون واحد والمريخ قران

والشمس مع السيارات وتوابع السيارات تسمى المجموعة الشمسية

١٨٣ - ميل المدارات - جهة حركة السيارات - مما سيأتى تعلم القوانين التى على حسبها تتحرك السيارات وهذه الحركات حاصله فى مستويات مائل بعضها على بعض وعلى الدائرة الكسوفية قليلا و ينتج من ذلك انه برصد السيارات يرى انها لا تتباعد كثيرا فى حركاتها عن منطقة سماوية قليلة العرض تسمى منطقة فلأ البروج (١) وقبل اكتشاف السيارات التلسكوبية كان عرض المنطقة المذكورة متبعا من ١٧ الى ١٨ وبعد ان اكتشفت وجد ان مداراتها ذات ميل كبير نوعا الى الدائرة الكسوفية فافتضى ذلك تكبير عرض المنطقة لتكون شاملة لجميع حركات السيارات

وتنتقل السيارات حول الشمس بحركة الارض حولها وهذه الحركات طردية (دعجلة) أعنى حاصله من الغرب الى الشرق

١٨٤ - الحركة الدورانية للسيارات - قد شوهد بواسطة النظارات على اقراص السيارات ما يشابه ما شوهد على قرص الشمس من الكلفات وبذلك علموا ان لكل كوكب حركة دورانية على نفسه حول محورا تتجاهه فى الفراغ غير متغير أو لا يتغير الا تغيرا بسيطا جدا فعطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل واورانوس هى السيارات التى ثبتت دورانها وتعينت مدة الدورة واتجاهها ويحتمل ان قانون الحركة عمومي وصرغ السيارات الاخرى وعظم بعدها ربحا كانا هما المانعان من التحقق من دورانها وجهة جميع الحركات المعروفة الدورانية للسيارات هى عين جهة الحركة الدورانية لارض وجهة الحركات الاتقالية هى عين جهة حركتها الاتقالية

(١) هذه التسمية قديمة وكانت معروفة فى مصر واليونان انها محل السير الظاهري للشمس والسيارات الاصلية على القبة السماوية وقدماء الفلكيين قد علموا بالضبط الصور التى تقطعها الشمس فى حركتها السنوية فكانوا قسموا الدائرة الكسوفية ومنطقة فلأ البروج الى اثني عشر جزءا متساوية سميت بأسماء الصور المطابقة لها فى ذلك الوقت وترتيبها التى كانت وجدت فيه حينما تتبع حركة الشمس الخصوصية بالابتداء من نقطة الاعتدال الربيعي هو حمل . ثور . جوزا . سرطان . اسد . سنبله . ميزان . عقرب . قوس . جدى . دلو . حوت . لكن من منذ ان فى سنة قد تغير منظر السماء بسبب تقهقر الاعتدالين لا نوجد الآن فى بروج واحدة ومع ذلك فقد حفظ للاثني عشر جزءا المذكورة اسمائها الاولى ويلزم ان يفهم ان هذه الاجزاء والامات التى سعة كل منها ٣٠ انما بين الاوضاع المتتالية التى تشغلها الشمس فى مدة سنة

## الفصل الثاني

الجركات الخاصة للسيارات - الوقوف - التقهقر - السيارات العليا والسفلى

١٨٥ - التمييز بين السيارات والنجوم - اذا نظرت السيارات الاصلية بالعين العارية روى لها منظر نقط مضيئة من أقدار متنوعة وتمتاز عن النجوم بكونها لا تحفظ أوضاعاً واحدة غير متغيرة تقر ببا على القبة السماوية بل تقطع الصور المنطقية في جهات وبسرعة تتغير على حسب أوضاعها بالنسبة للأرض

و بنظر السيارات الاصلية وبعض السيارات الصغرى بنظارات عظيمة تظهر على شكل اقراص مضيئة ذات قطر يمكن تقديره وأما النجوم التي هي متلاثلة الضوء فانها تظهر كنقط مضيئة قطرها الظاهري صغير جداً بحيث لا يمكن قياسه وبعض السيارات أشكال كالشكال القمر وبالجملة فان ضوء السيارات مادئ ساكن وأما ضوء النجوم فانه متلاثل براق

١٨٦ - الحركة المخصوصة للسيارات - يمكن التحقق من الحركة المخصوصة لسيارة بان يقدر في لحظة معلومة بهذه الزاوى عن نجمة مجاورته في ظرف زمن مايتأكد من ازدياد ذلك البعد أو نقصه وذلك لايتأنى الا اذا كان للسيارة حركة مخصوصة به غير الحركة اليومية التي يشترك فيها مع جميع الكواكب

فاذا تتبعنا هذا البحث مدة زمن ما علمنا ان الحركة المخصوصة للسيارة أحياناً تكون طردية (١) حاصلة من الغرب الى الشرق وأحياناً تقهقرية من الشرق الى الغرب وأحياناً معدومة ويظهر كأن الكوكب حينئذ واقف

١٨٧ - المدارات الظاهرية للسيارات - لمعرفة خط السير الذي يترسمه سيار على القبة السماوية تستعمل الطريقة التي تقدمت في تعيين المدار الظاهري للشمس بأن يقاس كل يوم احدائيا في لحظة مروره بمسوى الزوال أعنى مطلع المستقيم وميله ثم يعلم على كرة صناعية سماوية أو على خريطة سماوية النقطة التي يدل عليها الاحداثيان ويتكرر هذه العملية عدة مرات كافية ثم وصل النقاط المختلفة التي تحصلت بهذه الكيفية بمنحن متصل يتحصل على خط سير السيارة

---

(١) يقصد بالحركة المردية الحركة الحاصلة من عين الراصد الموجود على سطح الأرض نحو شماله وبالحركة التقهقرية الحركة الحاصلة من شماله نحو عينه وهذا انما هو لاجل سهولة فهم الحركات الظاهرية للسيارات



ويتبع خط السير المذکور قليلا عن الدائرة الكسوفية كما ذكرنا سابقا لكنه يختلف عن المدار الظاهري للشمس بأنه ليس منحنيًا مستويًا وأنه يظهر في نقط مختلفة من انحراده تعاريج كثيرة التركيب أو قليلة وممدار الشمس من سوم دائما في جهة واحدة من الغرب الى الشرق وأمامدارات السيارات فليست كذلك لان السيارات بعد أن يتحرك مدة ما في جهة حركة الشمس أعني في الجهة الطردية تأخذ حركته في البطء شيئا فشيئا ثم يقف وبعد ذلك يأخذ حركة متزايدة في جهة عكسية أعني تصبح حركته تقهقرية وتستمر الى أن يقف بالثاني ثم يأخذ بعد ذلك حركته الطردية وبذلك يكون قد رسم على القبة السماوية أحد التماريج التي نوهنا عنها وقبل أن نوضح الظواهر التي ذكرناها يلزم تمييز الحركات الظاهرية للسيارات السفلى وهي الكائنة بين الشمس والارض عن الحركات الظاهرية للسيارات العليا وهي التي بعدها عن الشمس أكبر من بعد الارض عن الشمس فنأخذ الزهرامثالا للجملة الاولى والمريخ للجملة الثانية

١٨٨ - المدار الظاهري لسيارة سفلى - كوكب الزهر في أثناء أي انتقال من انتقالاته يوجد مرتين له طول يساوي طول الشمس ويقال حينئذ أنه في الاجتماع وحيث أنه لا يكون بعيدا عن الدائرة الكسوفية ففي هذين الوقتين يختفي في الاشعة الشمسية ويصير غير منظور ثم يتبع شيئا فشيئا عن الشمس ويصير منظور في نور الشفق أو الفجر ولنعبرا أحد الوقتين الذي فيه يتدنى الكوكب بأن يكون مرئيا بعد غروب الشمس في شرقها فالكوكب كان وقتئذ في الاجتماع العلوي ثم يتبع اعد يوم ما في جهة الشرق وتكون حركته على القبة السماوية طردية لكن هذه الحركة تأخذ في البطء شيئا فشيئا الى أن يصير البعد الزاوي للزهر عن الشمس ٤٨ تقريرا وهو نهاية تباعدها

وسرعة الظاهرية تكون وقتئذ مساوية لسرعة الشمس ثم تنافص وتقرّب الزهر شيئا فشيئا من الشمس بدون أن تنقطع حركتها الطردية وحيث ان سرعتها آخذة في التناقص دائما فتوجد لحظة تنعدم فيها السرعة المذكورة وفيها يقف الكوكب على القبة السماوية ثم بعد ذلك تصبح حركته تقهقرية ويعلم ذلك بنقص طوله وتقرّب الزهر من الشمس بسرعة متزايدة الى ان تختفي بالثاني في أشعتها ويكون ذلك هو وقت الاجتماع السفلى وفي جميع تلك المدة لا تبرح موجودة شرق الشمس ومنظورة بعد غروبها ومن ثم سماها الاقدمون نجمة الليل

والزهر بعد أيام قليلة من خنائه تظهر بالثاني صباحا قبل شروق الشمس وتسمى حينئذ نجمة الصبح وتستمر الحركة التقهقرية وتتبع الزهر ادائما عن الشمس نحو الغرب وتبعدها يأخذ في الزيادة الى أن يبلغ نهايته العظمى التي قدرها ٤٨ تقريرا ثم تصبح حركتها طردية بالثاني

وتدخل مرة أخرى في أشعة الشمس وبذا تكون قد أتمت رجعة مضاعفة كالمه تشرق الشمس ثم غربها

١٨٩ - الدورة الاقترانية (أو الحركة الدائرية) - الاجتماع السنلى والعلوى - جميع هذا الزمن يسمى الدورة الاقترانية للسيار والوضعان الاذان يكون طولهما قدر طول الشمس أحدهما الاجتماع العلوى والآخر الاجتماع السنلى وتشاهد الظواهر بعينها بالنسبة لعطارد الذى هو سيار سفلى والفرق ان النهاية العظمى لتباعده الشرقى أو الغربى ٢٣ فقط ومدة الدورة الاقترانية التى مقدارها الزهرا ٥٨٤ يوما ليست لعطارد سوى ١١٦ يوما والزمن الذى يستعمله السيار من مدة الدورة فى الحركة الطردية أكبر من الذى يستعمله فى الحركة التقهقرية وبيانه كما فى الجدول الآتى

أسماء	حركة طردية	حركة تقهقرية	دورة اقترانية
الزهرا .....	يوم ٥٤٢	يوم ٤٢	يوم ٥٨٤
عطارد .....	يوم ٩٥	يوم ٢٥	يوم ١١٦

١٩٠ - المدار الظاهرى لسيار علوى - الوقوف والتقهر - لنختبر الآن الحركة الخاصة لسيار علوى وليكن المريخ

فالمريخ فى أثناء دورة من دوراته الاقترانية يوجد مرة فى الاجتماع مع الشمس أعنى طولهما مساو لطولها ومرة فى الاستقبال معها ويكون فرق طوليهما ١٨٠ وفى مدة باقى الحركة يأخذ بعده الزاوى عن الشمس جميع المقادير المحصورة بين ٠ و ١٨٠ وحيث ان هذه الحالة تطبق على جميع السيارات العليا فىرى ان حركاتها الخاصة تختلف عن حركة الزهرا وعطارد اللذين لهما اجتماعان وايس لهما استقبال البتة

ولنتبع المريخ فى أثناء إحدى دوراته ونجعل لحظة الاجتماع التى يصير فيها غير متطورهى مبدأ السير فبعد هذه اللحظة بقليل يرى انه يشرق قبل الشمس ويغرب بعدها ويزيد بعده عنها يوما فيوما فيظهر جهة الغرب شيئا فشيئا واذا اختبر وضعه بالنسبة للنجوم يعلم ان حركته طردية أعنى حاصلة من الغرب الى الشرق لان سرعته الظاهرية أقل من سرعة الشمس التى يظهر انه يتبعدها وتتناقص هذه السرعة الى أن يوجد المريخ على بعد ١٣٧ من الشمس ثم تصير

معدومة ويقف السيارة مد من الزمن ثم يأخذ حركة تقهقرية متزايدة السرعة ويستقر ببعده عن الشمس الى أن يصير بعده الزاوى عنها ١٨٠ وفي هذه اللحظة يكون في الاستقبال وينتج من ذلك أنه يمر بمستوى الزوال في نصف الليل في لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال الاسفل وتستقر الحركة التقهقرية لكن بسرعة متناقصة الى اللحظة التي يقف فيها المريخ باثنائي ويكون بعده حينئذ عن الشمس ١٣٧ ثم يأخذ من جديد حركة طردية ويقرب من الشمس التي سرعتها الظاهرية أكبر من سرعته واخيرا يصير في الاجتماع أعني في نفس وضعه بالنسبة للشمس وللارض مثل ما كان في مبدأ سيره والمدة الكلية تكون الدورة الاقترانية وتحتوي على ٧٨٠ يوما منها ٧٣ لقطع القوس التقهقري و ٧٠٧ تختص بالحركة الطردية

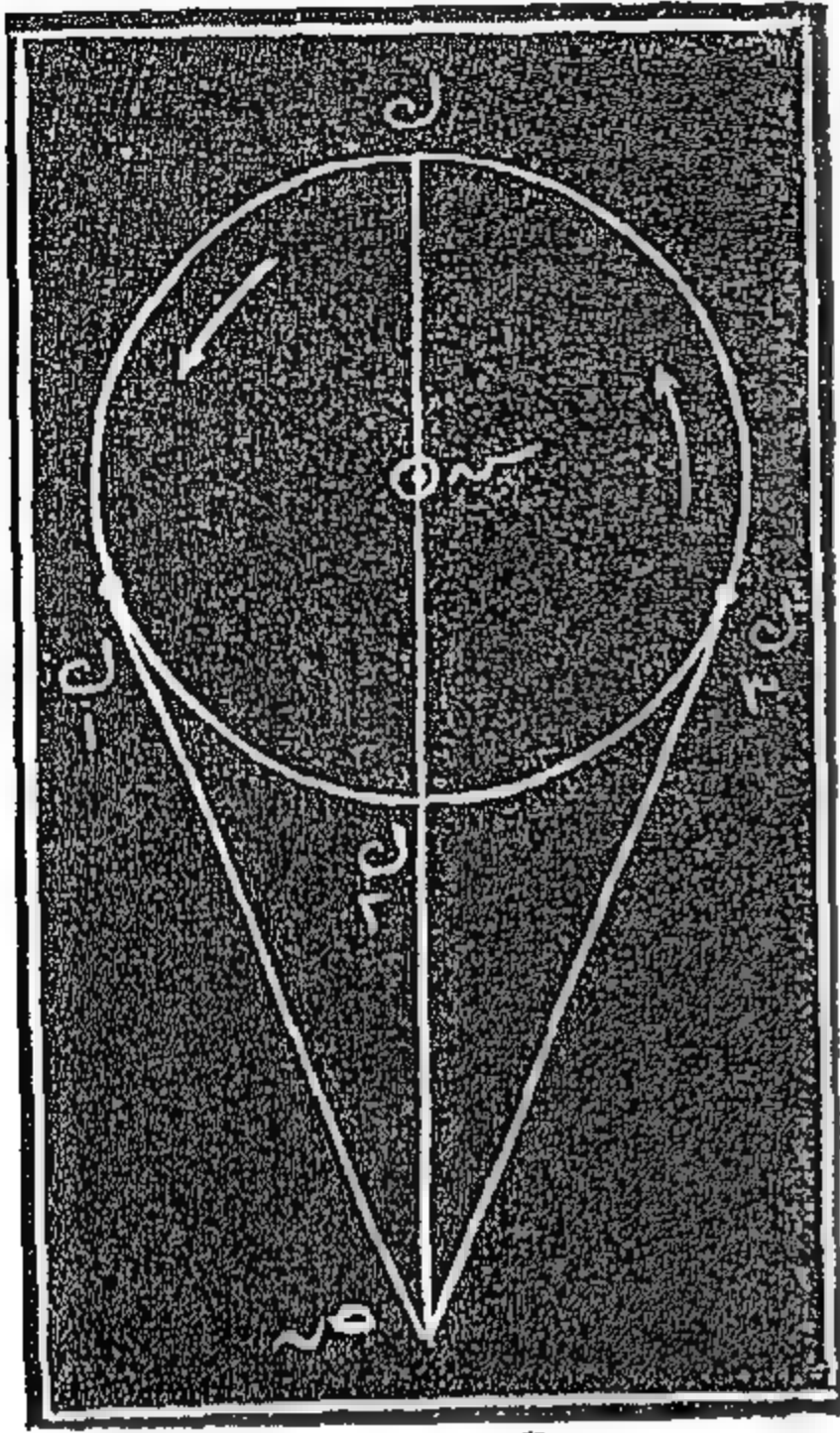
١٩١ - الدورات الاقترانية للسيارة العليا - حركات باقي السيارات العليا مشابهة لحركة المريخ فلها اجتماع واستقبال ووقوفان وحركة طردية وأخرى تقهقرية لكن مدد دوراتها الاقترانية مختلفة كما يتبين من الجدول الآتي

أسماء	دورة اقترانية	حركة طردية	حركة تقهقرية
المريخ .....	يوم ٧٨٠	يوم ٧٠٧	يوم ٧٠٣
المشتري .....	٣٩٩	٢٧٨	١٢١
زحل .....	٣٧٨	٢٣٩	١٣٩
أورانوس .....	٣٦٦	٢١٧	١٥٢
نبتون .....	٣٦٧	...	...

١٩٢ - ايضاح الحركات الظاهرية للسيارات السفلى - لا يوضح الحركات الخاصة الظاهرية لسيارات سفلى نفرض ان سم هي الشمس وان ك و ل و م و ن (شكل ٨٧) المدار القريب من الدائرة الذي ترسمه الزهرة حول الشمس في ٢٢٥ يوما تقريبا ونصرف النظر عن ميل هذا المدار على الدائرة الكسوفية وما ل ذلك عدم اعتبار غير الحركات في الطول ففي الاجتماع السفلى تكون الزهرة في ل بين الشمس والارض على خط مستقيم ما بينهما فاذا بقيت الارض ثابتة ودارت الزهرة من الغرب نحو الشرق في جهة السهم يظهر في مبدأ الامر للراصد الموجود على سطح الكرة الارضية انها تتباعد عن الشمس لكن حيث ان الافواس التي ترسمها تشهد آخذة في الميل شيئا فشيئا فان سرعتها الناتجة تقريبا تظهر متناقصة شيئا فشيئا الى



ان تصل الى نقطة ل التي فيها يصير الشعاع البصرى صه ل في تمام المدار ويظهر ان سرعتها في هذه النقطة معدومة والقوس ل ل المرسوم من شمال الراصد نحو يمينه يكون تقهقريا

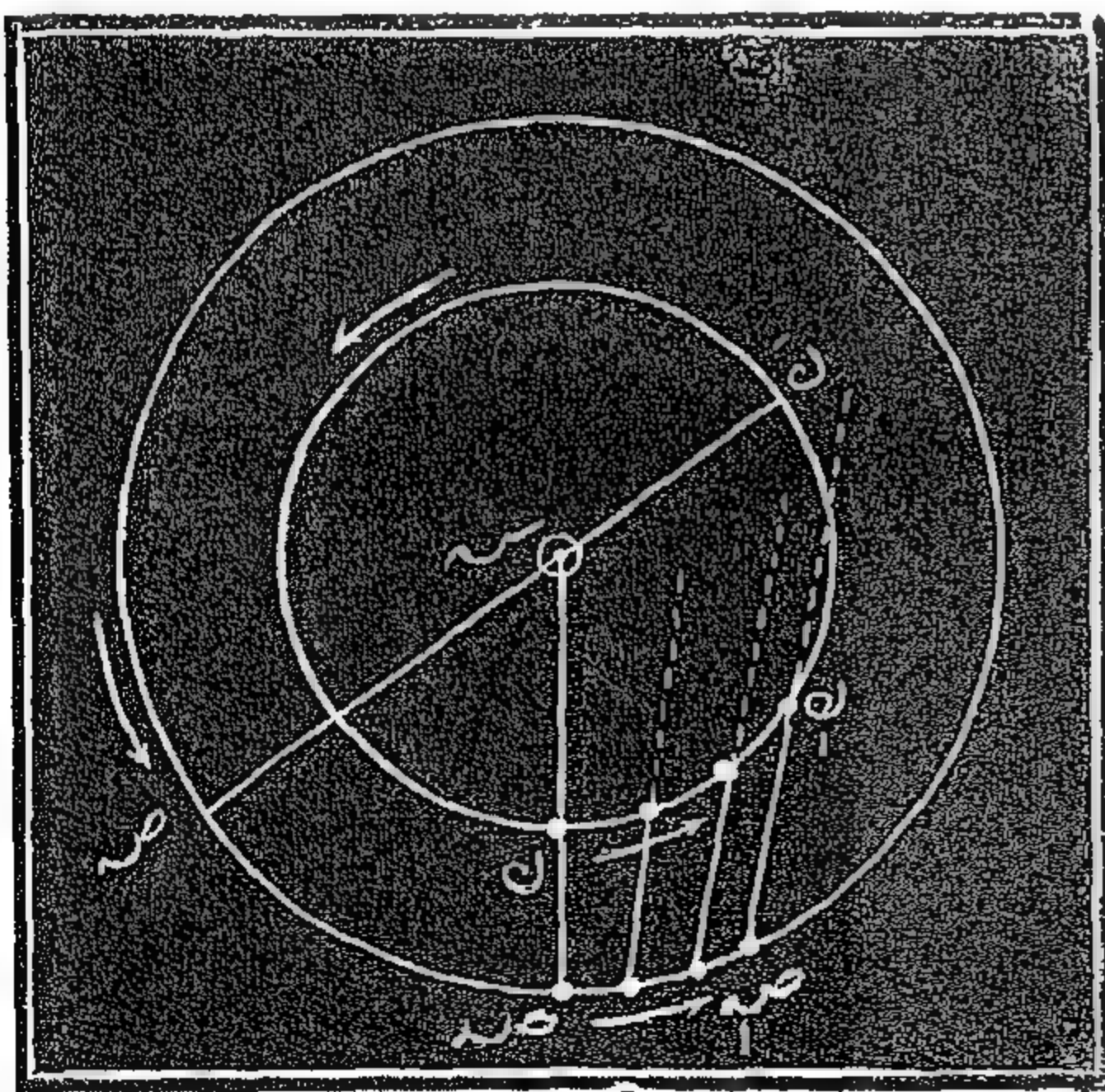


ش ٨٧

ومن ل الى ك تظهر حركتها طردية وسرعتها الظاهرية تتزايد الى ان تصل ك التي فيها تبلغ نهايتها العظمى ووقتئذ يوجد السيار بالثاني على خط مستقيم واحد مع الشمس والارض ويصير في الاجتماع العلوى لوجوده فوق الشمس ومن ك الى ل تسقط الحركة طردية والسرعة تتناقص وفي ل تقف الزهرة مرة ثانية ثم من ل الى الاجتماع الثاني في ل تكون الحركة تقهقرية وتأخذ السرعة في الازدياد وتبلغ نهايتها العظمى في هذه النقطة الاخيرة

وتلك هي حالة حركة السيارات السفلى باعتبار الارض ثابتة واما على اعتبارها متحركة فسنبينه

١٩٣ - وقوف وتقهقر سيار سفلى - تتحرك الارض في فلكها في جهة حركة الزهرة في فلكها بسرعة أقل من سرعة الزهرة والقوس الذي ترسمه الكرة الارضية في يوم أقل في المقدار الزاوى وفي المقدار المطلق من القوس الذي ترسمه الزهرة في الزمن بعينه والشعاع البصرى يظهر الزهرة حينئذ غربي الشمس دائما على بعد منها أقل منه لوبقيت الارض ثابتة وحيث ان سرعة الارض أقل من سرعة الزهرة دائما فيزداد تباعد الزهرة عن الشمس دائما وبسبب حركة الارض

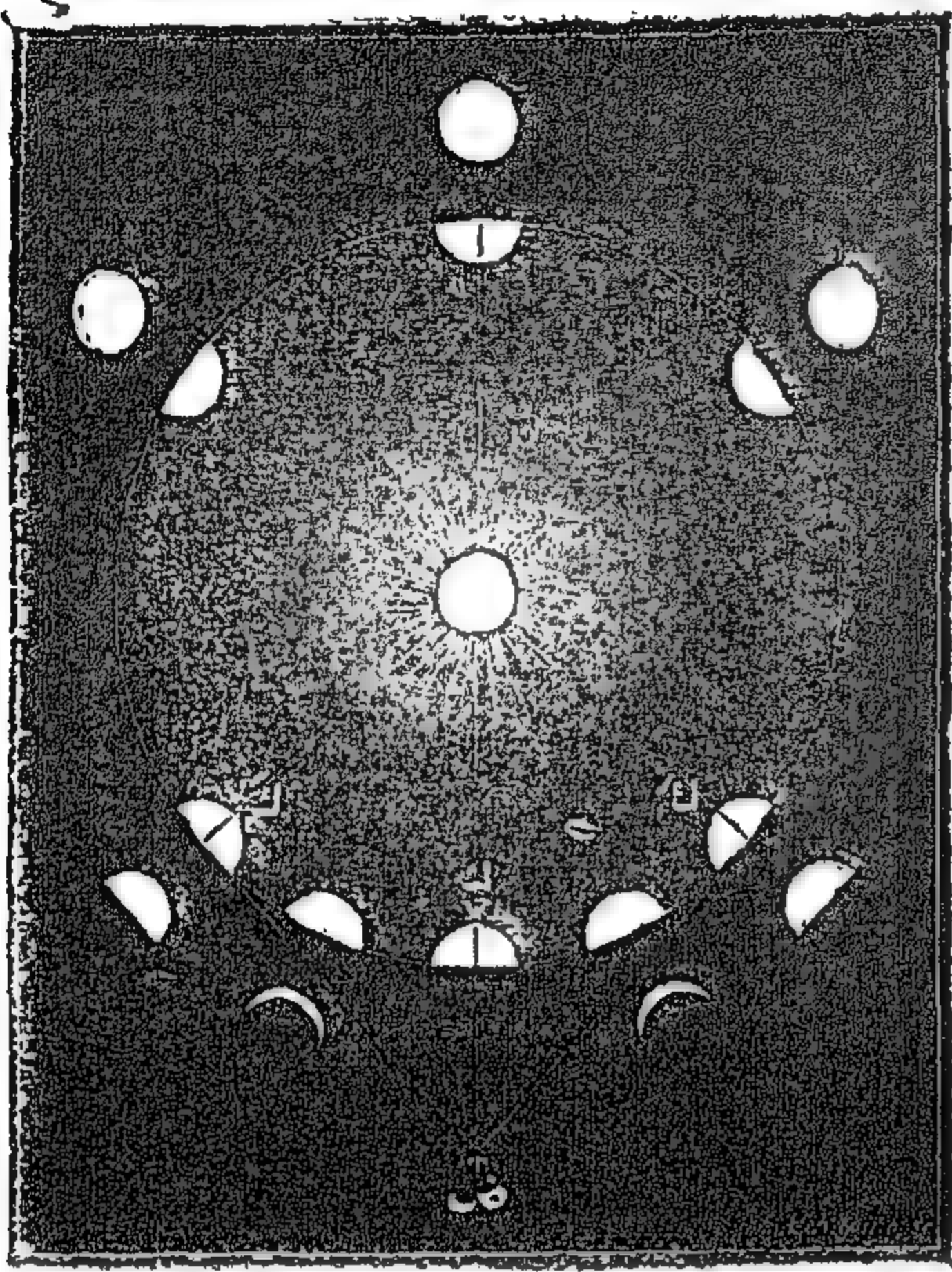


ش ٨٨

يصل السيار الى نهاية تباعده عن الشمس متأخرا وهي النهاية التي يظهر أنه واقف فيها ويكون ذلك حينئذ يصير الاشعة البصرية متوازية نحو الاوضاع صه ل (شكل ٨٨) للنكوكبين وبهذا السبب بعينه يصير وقت الاجتماع العلوى ووقت الوقوف الذي يتبعه متأخرين لكن جهة الحركة والبعد المتغير للسيار عن الشمس يحفظان الظواهر بعينها كعتد فرض عدم تحرك الارض



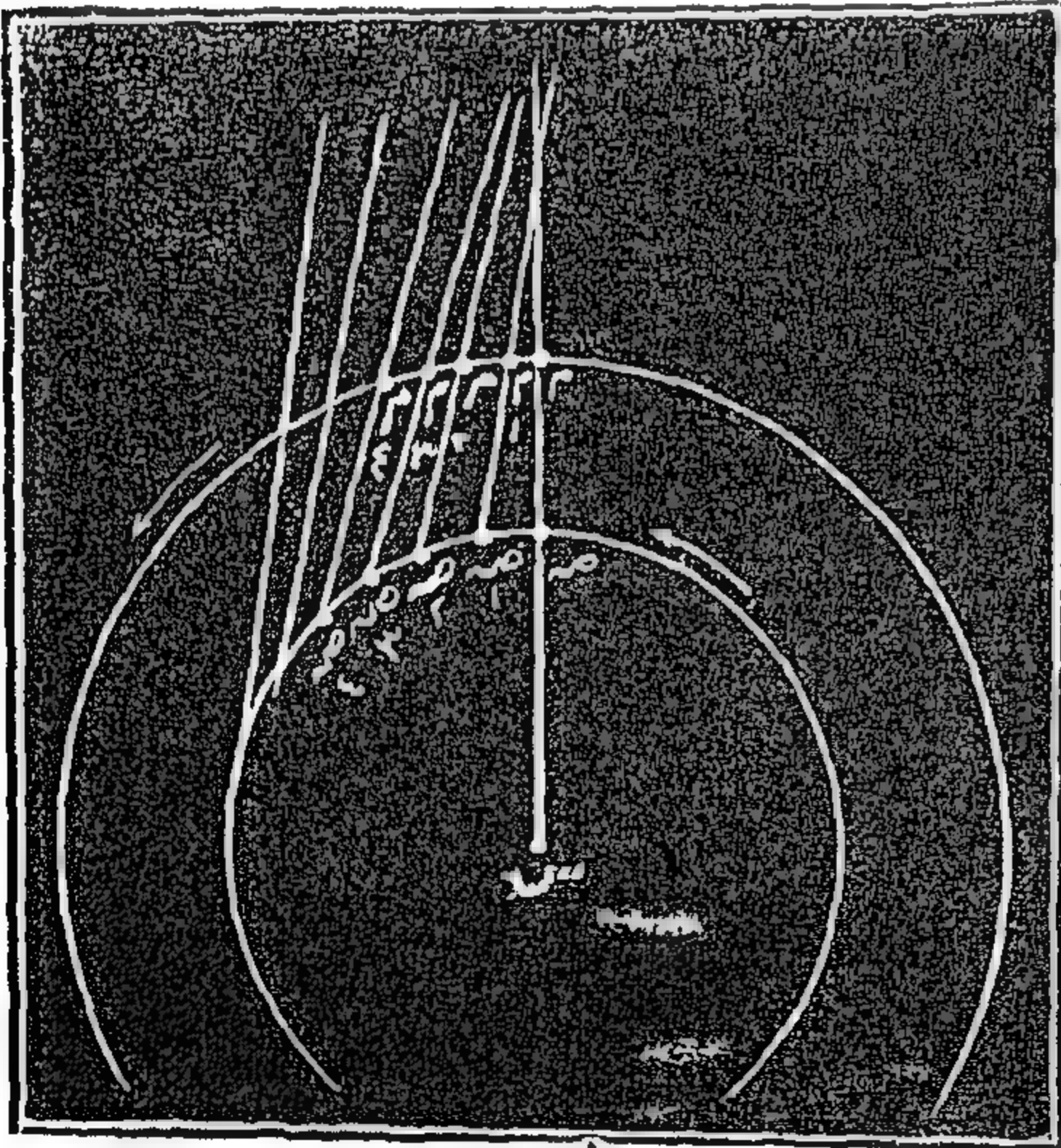
١٩٤ - أشكال السيارات السفلى - اذ انظر الى هذه السيارات بنظارات ظهيرة



ش ٨٦

ذات أشكال كشكال القمر وذلك  
انه حينما يكون السيار في الاجتماع  
السفلى في ك (شكل ٨٩) يوجه  
نحو الارض نصف كرتة المظلم ويصير  
غير منظور واذالم يكن عرضه صغيرا  
جدا لا ينسقط على قرص الشمس  
على شكل بقعة سوداء مستديرة وفي  
وقت التريجين أو في النهاية العظمى  
لتباعده في ك يوجه السيار  
نحو الارض نصف كرة نصفها مستنير  
ونصفها الآخر مظلم وفي الاجتماع  
العلوى يصير قرصا تاما مستضيئا الا  
اذا مرت الزهرة خلف قرص الشمس

١٩٥ - وتوفات وتتهقرات سيار علوى - لناخذ المريخ مثلا ونجعل نقطة الاستداء



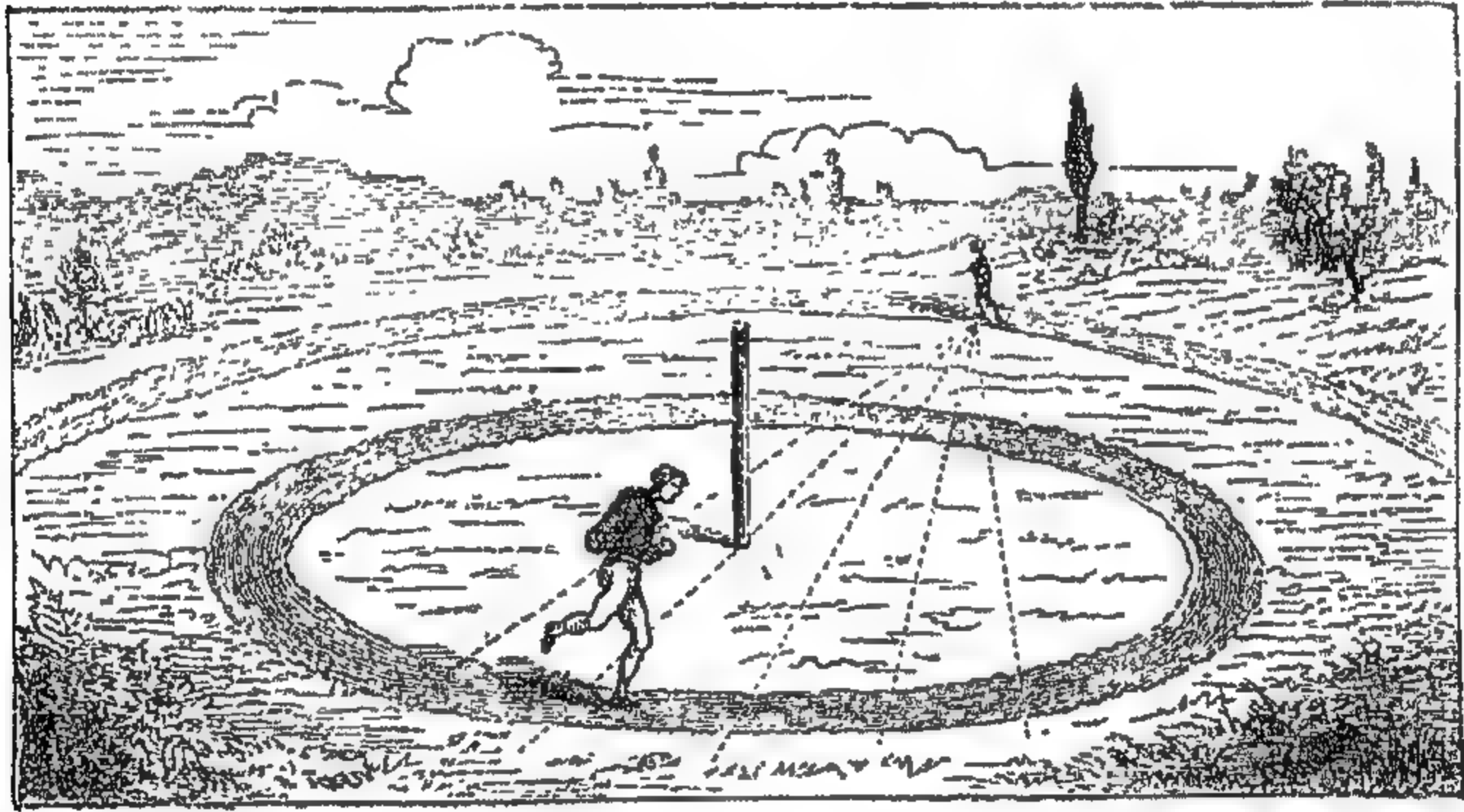
ش ٩٠

لحظة الاستقبال ففيها تكون  
الارض في ص (شكل ٩٠)  
بين الشمس والمريخ على المستقيم  
الواصل بينهما والمريخ منظورا من  
الارض ينسقط على نقطة ما من  
القبعة السماوية والمريخ والارض  
في مدة الايام التي تلى الاستقبال  
يرسمان على مداريهما أقواسا  
ص ص و ص ص و ...  
م م و م م ... في جهة واحدة  
من اليمين الى اليسار أو من الغرب

الى الشرق لكن الاقواس التي يرسمها المريخ أقصر من التي ترسمها لارض بحيث ان الانارة

البصرية صهـم و صهـم المارة على النوالى بالسيارين تقابل التبة السماوية في نقط  
موضوعة على يمين الوضع الاصلى للمريخ ويظهر السيار كأنه يتقهقر في السماء مع ان سيره  
الحقيقى على مداره طردى وباستمرار حركة السيارين تتناقص سرعة الحركة الظاهرية  
التقهقرية حتى تنعدم وتصبح الاشعة البصرية صهـم و صهـم متوازية وتقابل السماء  
في نقطة واحدة مدة أيام قلائل ويظهر المريخ كأنه واقف وحيث ان الاقواس المرسومة  
بالسيارين قبل وبعد لحظة الاستقبال متماثلة بالنسبة للخط صهـم الواصل بينهما فاذا حصل  
وقوف بعد الاستقبال برزمن ما بسبب حركتى السيار والارض مما حصل وقوف قبله

وباستمرار حركتى الارض والمريخ فى فلكيهما متتبعاً لاشعة البصرية الواصل بينهما بالثانى  
ولكن فى جهة عكسية بحيث ان وضع المريخ بالنسبة للنجوم يتغير شيئاً فشيئاً بسرعة وتسير  
الحركة طردية وتزايد سرعتها الى الاجتماع



ش ٩١

ويمكن بيان وقوفات وتقهقرات السيارات بعملية بسيطة جداً وهى ان يغرس قائم ما فى فضاء  
متسع على أرض مستوية ويفرض هذا القائم الثابت هو الشمس وان شخصاً يسير حول  
هذا القائم ويرسم دائرة من اليمين الى اليسار بسرعة منتظمة (شكل ٩١) فالراصد الموجود  
خارج هذه الدائرة على بعد ما منه يرى رفيقه تارة امام القائم وأخرى خلفه على حسب رسمه  
أحد نصفى الدائرة ففي الحالة الاولى يظهر انه يدور من اليسار الى اليمين وفي الحالة الثانية من  
اليمين الى اليسار ويظهر له ان سرعته أعظم ما يكون فى لحظة وجوده على خط مستقيم مع القائم  
وتصير معدومة فى اللحظتين اللتين يظهر فيهما ان جهة دورانه قد تغيرت فادافرض ان الراصد  
يسير فى نفس الجهة على الدائرة الكبرى الموجود هو عليه بسرعة أقل من سرعة الشخص



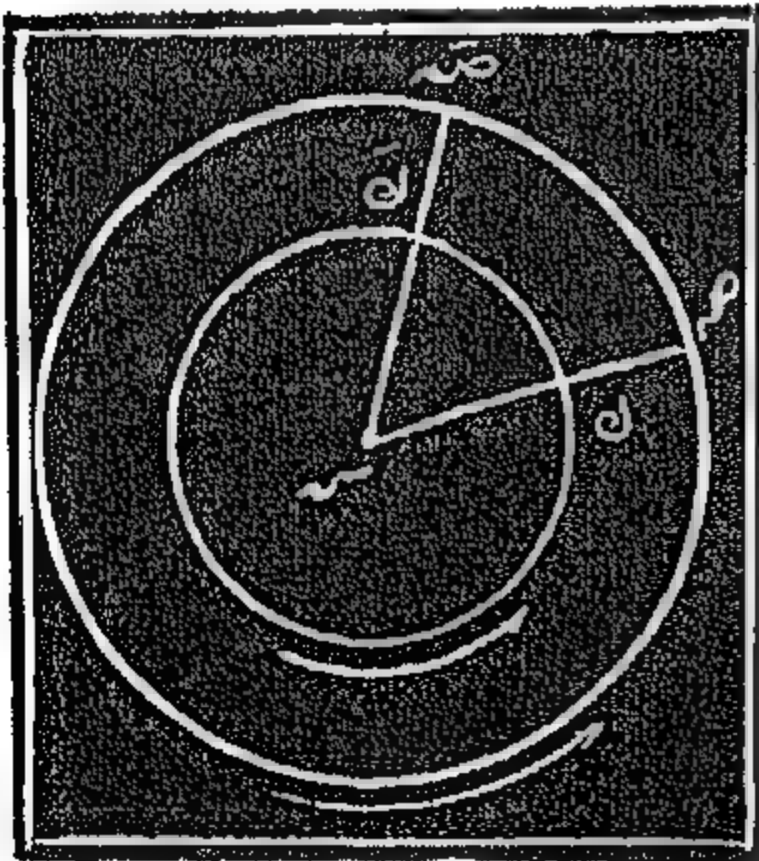
الآخر فان الطواهر تبقى بذاتها أعني يحصل دائماً وقوفات وتقهقرات لكن مددها تستمر زمناً أطول وأيضاً فان القام نفسه يظهر انه يدور حول الافق وتلك هي حالة سيار سفلى وبالعكس الترتيب يجعل الراصد محل الشخص الذي يسير على الدائرة الصغرى يدل الراصد على الارض وحركة الشخص الآخر تدل على حركة سيار علوى

## الفصل الثالث

قوانين (كبلير) - قاعدة الجذب العام

١٩٦ - الدورة النجمية لسيار - قد علم مما تقدم ان الدورة الاقترانية لسيار هي المدة التي تمضي بين رجوعين متواليين له لوضع واحد بالنسبة للشمس كرجوعه الى اجتماع واحد مثلاً ان كان السيار سفلياً أو الى استقبال أو اجتماع اذا كان السيار علوياً وقد ذكرنا مدد الدورات الاقترانية للسيارات الاصلية أما الدورة النجمية فهي الزمن الذي يصرفه السيار في قطع مداره حول الشمس فاذا مد من مركز الشمس الى السيار خط مستقيم أو نصف قطر بوري فان هذا الخط يقابل الكرة السماوية في نقطة معينة أو في نجمة معلومة فرجوع نصف القطر البوري الى نفس النجمة يعين انتهاء الدورة النجمية

ومدة الدورة النجمية تستنتج من مدة الدورة الاقترانية ونفرض أولاً سياراً سفلياً ثم نفرض لاجل السهولة ان مستوي مداري السيار والارض منطبقان وان خطوط السير مستديرة وهو فرض يكاد ان لا يؤثر على النتائج المتحصلة وليكن  $\angle$  و  $\angle$  (شكل ٩٢) وضعي الكوكب والارض في لحظة اجتماع فالسيار الاقرب الى الشمس من الارض يتحرك بسرعة



ش ٩٢

أكبر من سرعتها وبناء عليه يتم دورته النجمية قبل الارض وحينما يرجع السيار الى  $\angle$  لا تكون الارض قد قطعت الاجزاء من خط سيرها ويلزم حينئذ زمن ليحصل الاجتماع مرة ثانية وليكن  $\angle$  و  $\angle$  وضعي السيار والارض في الاجتماع التالي فنصف القطر البوري للسيار يكون قدره  $360^\circ + \angle$  أما نصف القطر البوري للارض فلم يرسم سوى الزاوية  $\angle$  وحينئذ اذا كان  $\angle$  مدة الدورة النجمية

للارض و  $\angle$  مدة الدورة الاقترانية للسيار و  $\angle$  مدة دورته النجمية يتحصل بداهة

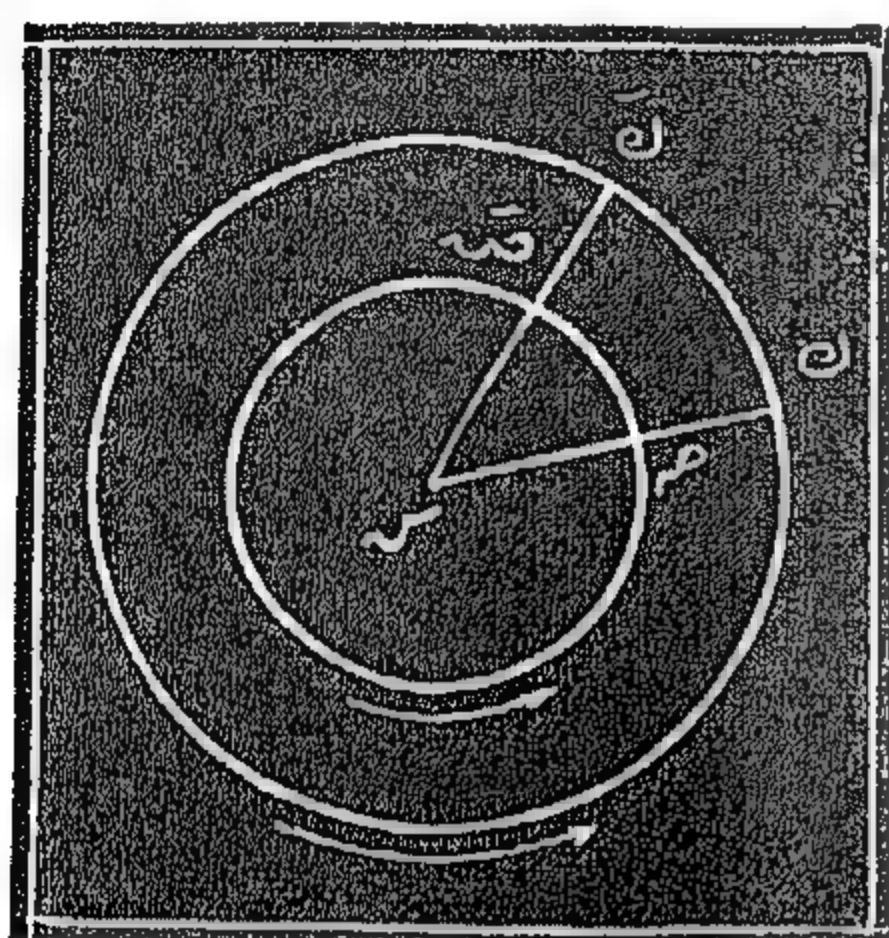
$$\frac{360^\circ \times \angle}{\angle} = \angle$$

وبالتبعية

$$\frac{v}{\frac{v}{r} + 1} = s \quad \text{ومنه} \quad \frac{360}{\frac{v \times 360}{r} + 360} = \frac{s}{v}$$

فاذا كان السيار علويًا يكون سرعته الزاوية أقل من السرعة الزاوية للأرض بحيث ان الأرض تتم دورتها النجمية قبل السيار ومن استقبال الى الاستقبال التالى له يقطع نصف القطر البورى للأرض ٣٦٠ + صه صه صه وأما نصف القطر البورى للسيار فلا يرسم الا زاوية

لـ سـ كـ (شكل ٩٣) ووجب فاسبق مع بقاء الرموز كما هي يحدث



ش ٩٣

$$صه صه صه = \frac{v \times 360}{r} - 360$$

$$\frac{360}{360 - \frac{v \times 360}{r}} = \frac{s}{v}$$

ومنه

$$\frac{v}{1 - \frac{v}{r}} = s$$

١٩٧ - قوانين (كبلير) - الغرض منها - حيث علمت مدد الدورات النجمية للسيارات وان الشمس هي المركز المشترك بين مداراتهم لم يبق سوى تعيين الشكل الهندسى للمدارات المذكورة المستخرج من تغير بعد كل كوكب عن الشمس وتعيين قانون السرعة التى تتحرك بها السيارات مدة كل دورة من دوراتها والنسبة الموجودة بين مدد الدورات النجمية وابعاد المدارات و (كبلير) هو الذى اكتشف القوانين التى تستلزمها حركات السيارات وهى ثلاثة

القانون الاول - شكل مدارات السيارات - جميع السيارات ترسم حول الشمس فى جهة واحدة منحنيات مقعلة مستديرة تقريبا مستوياها ماثل بعضها على بعض قليلا والقانون الاول يختص بشكل المدارات ونصه ان مدار كل سيار قطع ناقص تشغل الشمس احدى بورتيه

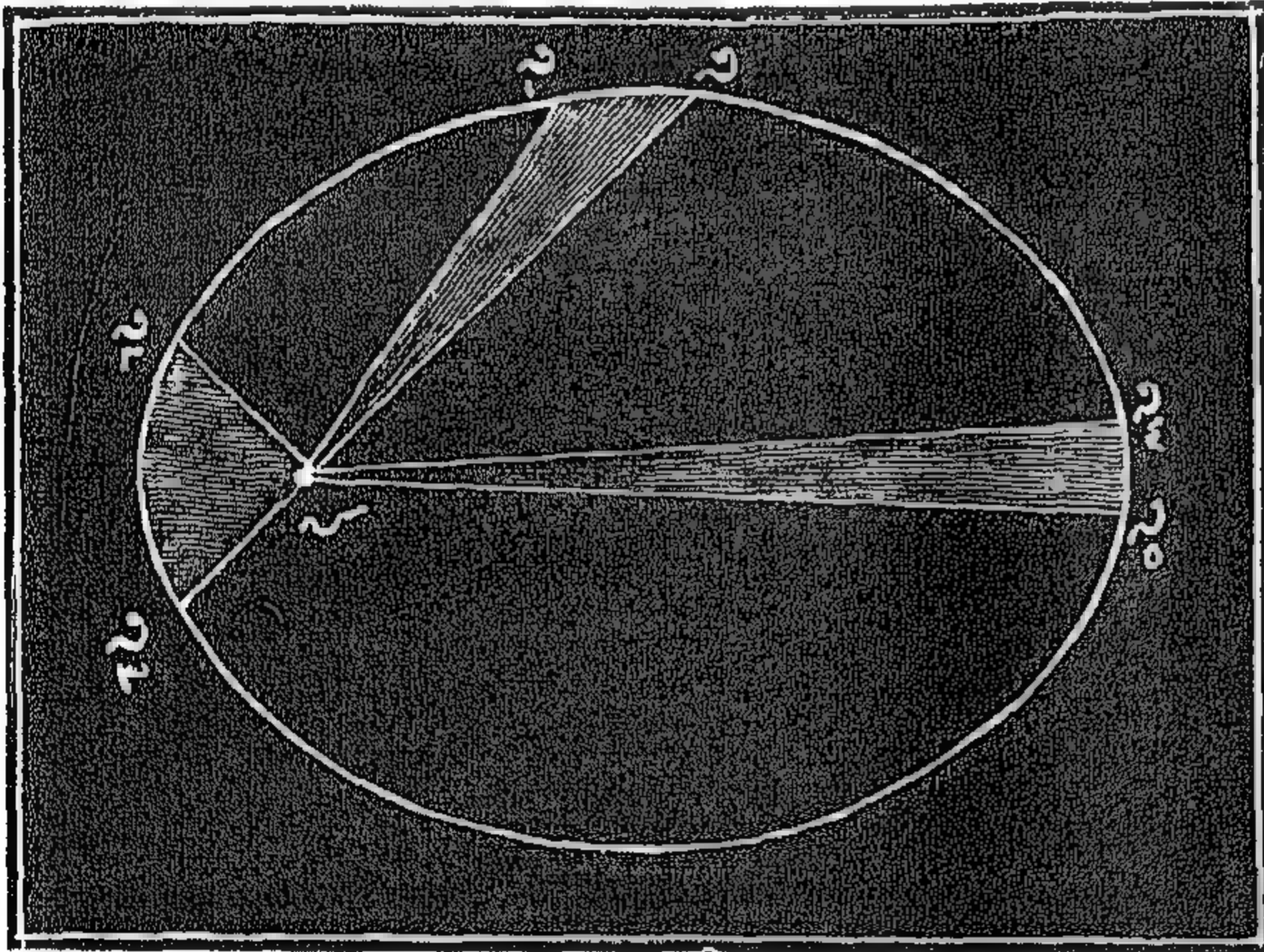
وقد علم فيما سبق ان ذلك هو شكل مدار الأرض المعين بتغيرات بعدها عن الشمس وبالتغيرات التى تحصل للقطر الظاهرى للشمس فى مدة سنة

وشكل القطع الناقص يتعلق باختلاف المركز وهو النسبة بين بعد مركز المنحنى عن بورتيه وبين نصف المحور الاكبر وتكبرا استطالة القطع الناقص كلما كبرت هذه النسبة ويقرب من

الدائرة كلما صغرت فمدارات الزهرافونبتون والارض هي تقريبا مستديرة وأما عطارد وجملة من السيارات الصغرى فاختلاف مركز مداراتها عظيم وينتج بداهة من القانون الاول من قوانين ( كبلير ) ان بعد سيار عن الشمس يتغير دائما في مدة دورة وان هذا البعد يأخذ جميع المقادير المحصورة بين مقدارين نهائيين مطابقين لوضعين يشغلهما السيار حينما يوجد في طرفي المحور الاكبر للمدار ويسمى الوضعان المذكوران الرأس والذنب والبعد المتوسط هو المساوي نصف المحور الاكبر للقطع الناقص

١٩٨ - القانون الثاني - قانون المساحات - المساحات المرسومة بانصاف الاقطار البورية لسيار حول البورة الشمسية مناسبة للزمن المستعمل لقطعها

وبيان ذلك انه اذا فرضنا جله أقواس مقطوعة بسيار ما في أزمان متساوية وذلك في أوقات مختلفة مثل الاقواس  $\frac{1}{2}$  و  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{8}$  و  $\frac{1}{16}$  ( شكل ٩٤ ) فحيث ان سرعة السيار متغيرة غير منتظمة تكون أطوال الطرق الثلاث المقطوعة ليست متساوية أما المثلثات التي



ش ٩٤

هي مثل  $\frac{1}{2}$  و  $\frac{1}{4}$  و  $\frac{1}{8}$  و  $\frac{1}{16}$  التي قواعدها مرسومة في أزمان متساوية فانها تكون متكافئة وعليه فاذا صارت المدد الضعف أو ثلاثة الامثال أو الخ فان مسايح المثلثات المتكونة بانصاف الاقطار البورية تصير الضعف أو ثلاثة الامثال أو الخ

وينتج من هذا القانون ان الاقواس المرسومة في أزمنة متساوية تكون صغيرة كلما كان السيار بعيدا عن الشمس وتكون كبيرة كلما كان قريبا منها وبعبارة أخرى ان سرعة السيار تزداد بنقص بعده عن البورة وتكون في نهايتها الصغرى في الذنب وفي نهايتها العظمى في الرأس والقانونان السابقان لا يطبقان على مدارات السيارات الاصلية فقط بل وعلى مدارات التوابع فالمدار الذي يرسمه القمر حول الارض باعتبارها ثابتة هو قطع ناقص تشغل الارض احدي بورتقيه ويرسمه بسرعة بحيث اذا قسم مداره الى أجزاء مرسومة في أزمنة



متساوية فإن جميع المثلثات المتكوّنة من انصاف الاقطار البورية القمرية في هذه الاوضاع المختلفة تكون متكافئة

١٩٩ - القانون الثالث - مربعات مدد دورات السيارات حول الشمس مناسبة لمكعبات ابعادها المتوسطة عنها أو لمكعبات المحاور الكبرى لمداراتها فإذا كان  $a$  و  $a'$  و  $a''$  مقادير المحاور الكبرى لمدارات السيارات  $s$  و  $s'$  و  $s''$  ... مدد دوراتهم النجمية فإن القانون الثالث المذكور يبين بهذه الصورة

$$\frac{a^2}{a'^2} = \frac{s^2}{s'^2} = \frac{s^2}{s''^2}$$

و  $k$  عدد ثابت مقداره ١٣٣٤٠٠ تقريباً إذا أخذ البعد المتوسط للأرض عن الشمس وحدة للأبعاد واليوم الوسطى وحدة للزمن وبواسطة القانون المذكور يكفي معرفة مدد دورات السيارات لتستخرج منها ابعادها المتوسطة عن الشمس أو مقادير محاورها الكبرى منسوبة إلى أحدها المأخوذ وحدة فإما مدد الدورات النجمية للسيارات الأصلية مبيّنة بأيام وسطية أو بسنين نجمية أرضية فهي

أسماء السيارات	عدد الايام	أسماء السيارات	عدد الايام
عطارد .....	٨٧,٩٦٩	المشتري .....	٤٣٣٢,٥٨٥
الزهرا .....	٢٢٤,٧٠١	زحل .....	١٠,٧٥٩,٢٢٠
الأرض .....	٣٦٥,٢٥٦	اورانوس .....	٣٠,٦٨٦,٨٢١
المريخ .....	٦٨٦,٩٨٠	نبتون .....	٦٠,١٢٦,٧٢٠

وأما الأبعاد المتوسطة لها عن الشمس بدلالة البعد المتوسط للأرض عنها المأخوذ وحدة فهي

أسماء السيارات	بعد متوسط	أسماء السيارات	بعد متوسط
عطارد .....	٠,٣٨٧	المشتري .....	٥,٢٠٣
الزهرا .....	٠,٧٢٣	زحل .....	٩,٥٣٩
الأرض .....	١,٠٠٠	اورانوس .....	١٩,١٨٣
المريخ .....	١,٥٢٤	نبتون .....	٣٠,٠٥٥

٣٠٠ - قاعدة الجذب العام - قد ظهر (نوتون) بعد (كبلير) وبين ان القوانين الثلاثة المتقدمة ناتجة بالطبع من قاعدة الجذب العام

فالجذب العام أو الجذب هو قوة تنقادها جميع الاجسام السماوية وتتأثر بها والتشاغل في سطح الارض ليس الانواع منها

وقد استنتج (نوتون) من قاعدة القصور الذاتي للمادة التي تستلزم كون حركة الجسم المطلق بالضرورة مستقيمة منتظمة ان السيارات التي حركاتها ليست منتظمة ولا مستقيمة يجب ان تكون متأثرة بقوة خارجية وأثبت بثاني قوانين (كبلير) ان القوة الحافظة للسيارات في أفلاكها لا بد وان تتجه نحو الشمس واستنتج أيضا من القانون الاول ان القوة المذكورة تختلف شدتها في نقط القطع الناقص وانها مناسبة لعكس مربعات ابعاد السيارة عن بؤرة الجذب وبمقارنة القوى المركزية التي تحتفظ السيارات في مداراتها المتناظرة بعضها ببعض يعلم ان قانون التغير العكسي لمربع الابعاد جار في سائر السيارات وأيضا القانون الثالث أظهر (لنوتون) ان هذه القوى مناسبة لمجسمات الاجسام الواقعة هي عليها

وقد خلاص (نوتون) كل ما اكتشفه من قوانين (كبلير) وقال بقاعدة الجذب العام ونصه «جميع اجزاء المادة يجذب بعضها الى بعض بقوة مناسبة طرد المجسماتها وعكس المربعات ابعاد بعضها عن بعض» فاذا فرض بحرف  $\gamma$  للقوة التي بين وحدة المجسم تؤثر على وحدة المجسم في وحدة البعد فقدر الجذب بين جرمين سماويين كالشمس وسيار مثلاً مجسمهما  $m$  و  $m'$  وبعدهما  $r$  يكون مبينا بالمقدار  $\frac{\gamma m m'}{r^2}$

وحركات النوابع حول سياراتها وحركات ذوات الاذئاب حول الشمس تجري فيها قوانين (كبلير) وكذلك قانون الجذب العام

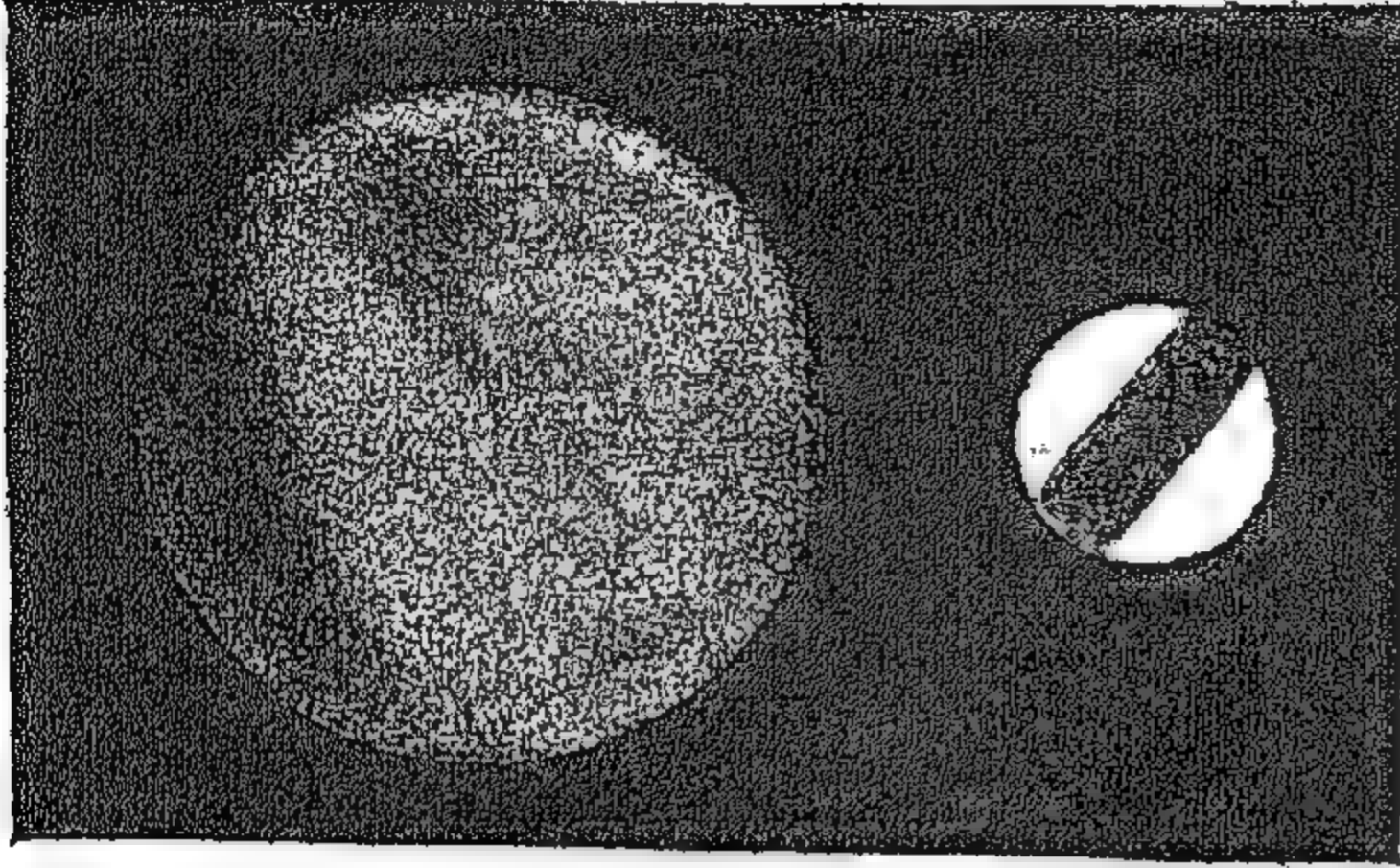
## النصف الرابع

### وصف السيارات الاصلية

٣٠١ - عطارد - عطارد هو أقرب السيارات الى الشمس ويتم دورته حوله في ٨٨ يوما وسطيا تقريبا وبعد المتوسط عنها المساوي  $\frac{1}{3}$  البعد المتوسط للارض عنها (٠.٣٨٧) هو تقريبا ٥٧ مليون كيلومترا واختلاف مركزه دايه هو ٢٠.٦ ر. فهو أكثر مدارات السيارات استطالة

وإذا نظرت الشمس من عطارده وهو في بعده المتوسط عنها تظهر أكبر مما لو نظرت من الأرض سبع مرات ويستنتج من ذلك أن شدة ضوئها وحرارتها تكون فيه أعظم مما في الأرض سبع مرات

وعطارده في وقت الاجتماع السفلي كثيراً ما يرام أمام قرص الشمس وينسقط على شكل بقعة صغيرة مستديرة ولذا انتخبت هذه اللحظة لقياس قطره الظاهري وللتأكد من شكله



واستخرجت من هذه الأقيسة أبعاده الحقيقية وتبسيطه و (شكل ٩٥) يبين نسبته إلى الأرض

فهو كروي كالأرض وتبسيطه ضعف تبسيطها تقريباً وقد زوّه  $\frac{1}{10}$  ويجعل نصف قطر الأرض وحدة يكون تبسيطه ٢٣٧٠ كيلومتراً تقريباً

ش ٩٥ عطارده والأرض

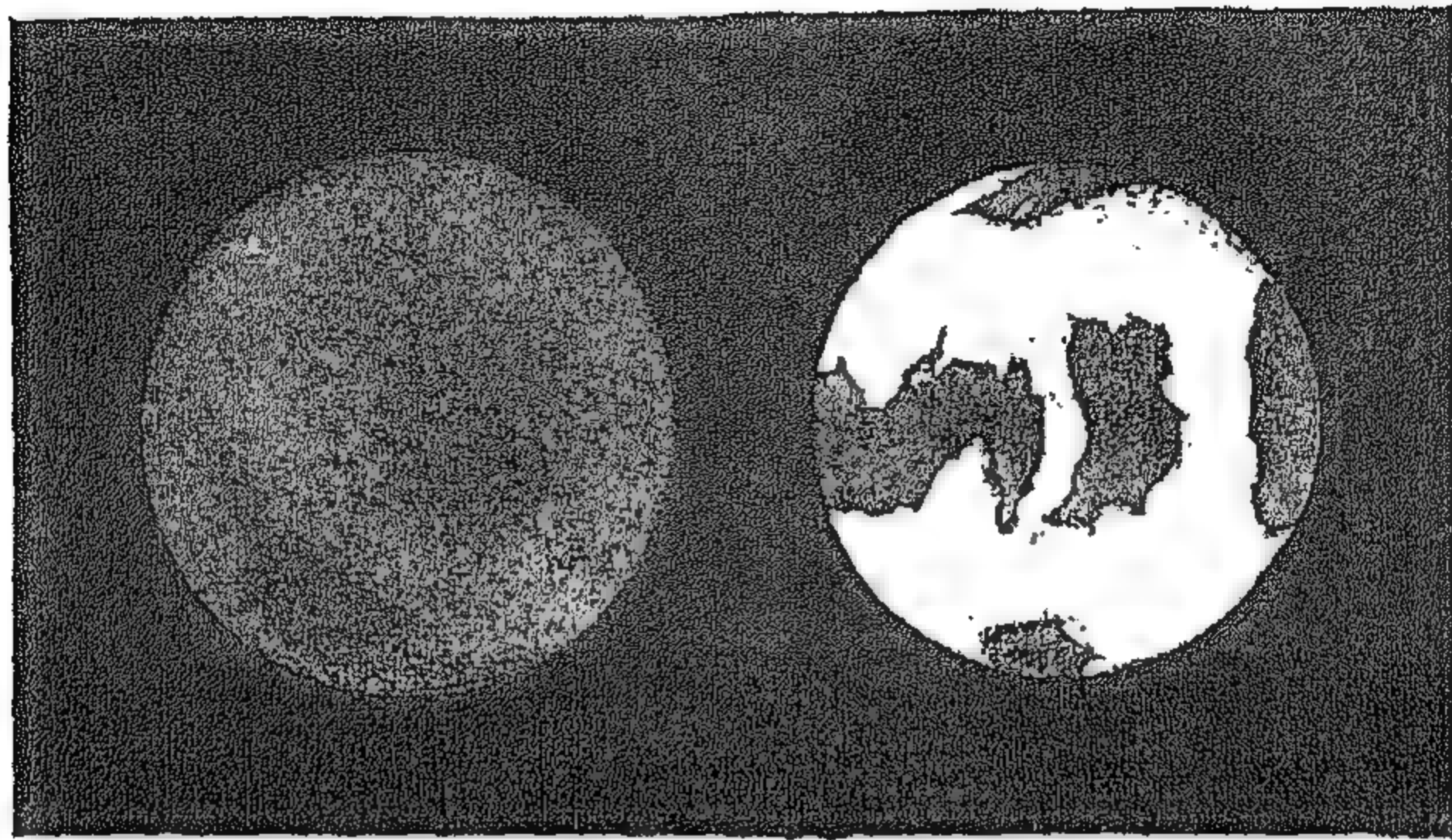
وحجم عطارده يعادل ٠.٠٥٢ من حجم الأرض ويدور عطارده حول نفسه ومدته الدورة  $24 \frac{5}{6}$  ساعات وإذا نظرت بالنظارات ظهرت له أشكال كالقمر والمحور الذي يدور حوله مائل جداً على مستوى فلكه وينتج عن ذلك تغيرات عظيمة في المدد المتتابعة ليل والنهار وفي حرارة الفصول والفلكي (اسكروتر) لما رصد أحد مرورات عطارده في ٧ مارس سنة ١٧٩٩ زعم أنه رأى على قرصه الأسود نقطة مضيئة فإن صح هذا الرصد استنتج منه وجود براكين على سطحه في حالة الثباب واكتشف أيضاً وجود جبال فيه وقدر ارتفاع أشمخها ووجدته  $\frac{1}{136}$  من نصف قطره

٢٠٢ - الزهراء - (شكل ٩٦) تدور الزهراء في فلك مستو تقريباً على بعد من الشمس يقرب من ١٠٧ مليون كيلومتراً وبعدها وهي في الرأس وفي الذنب يختلفان عن بعضهما بقدر ١٥٠٠٠٠٠ كيلومتراً وقرص الشمس منظوراً من الزهراء أكبر مما نراه من الأرض مرتين تقريباً ويكون حينئذ ضوءها وحرارتها على الزهراء ضعفها على الأرض

ويتغير القطر الظاهري للزهراء كثيراً لأن أبعادها عن الأرض متغيرة كثيراً أيضاً وأما الأبعاد الحقيقية لها فإنها قريبة جداً من أبعاد الأرض فنصف قطر الزهراء يساوي ٩٩.٩ تقريباً من نصف قطر خط الاستواء الأرضي ومقداره ٦٥٧٢ كيلومتراً وحجمها يساوي ٩٧٥.٠ من حجم الأرض المأخوذ وحدة ولم يمكن قياس تبسيط كرتها لأن التشعيع الحادث من ضياء أنوارها يصعب الأقيسة جداً وبرد بعض كلفات من قرصها علم أن لها حركة



ذو رائية حول محور هامدتها  $٢٣$   $٢١$   $٢٣$  وعييل محور الدوران على مستوي فلكها بقدر  $٥$ °  
وهو أكبر من ميل محور الأرض ويلزم من ذلك حصول تغيرات عظيمة في مدد الأيام والليالي  
وفي الفصول



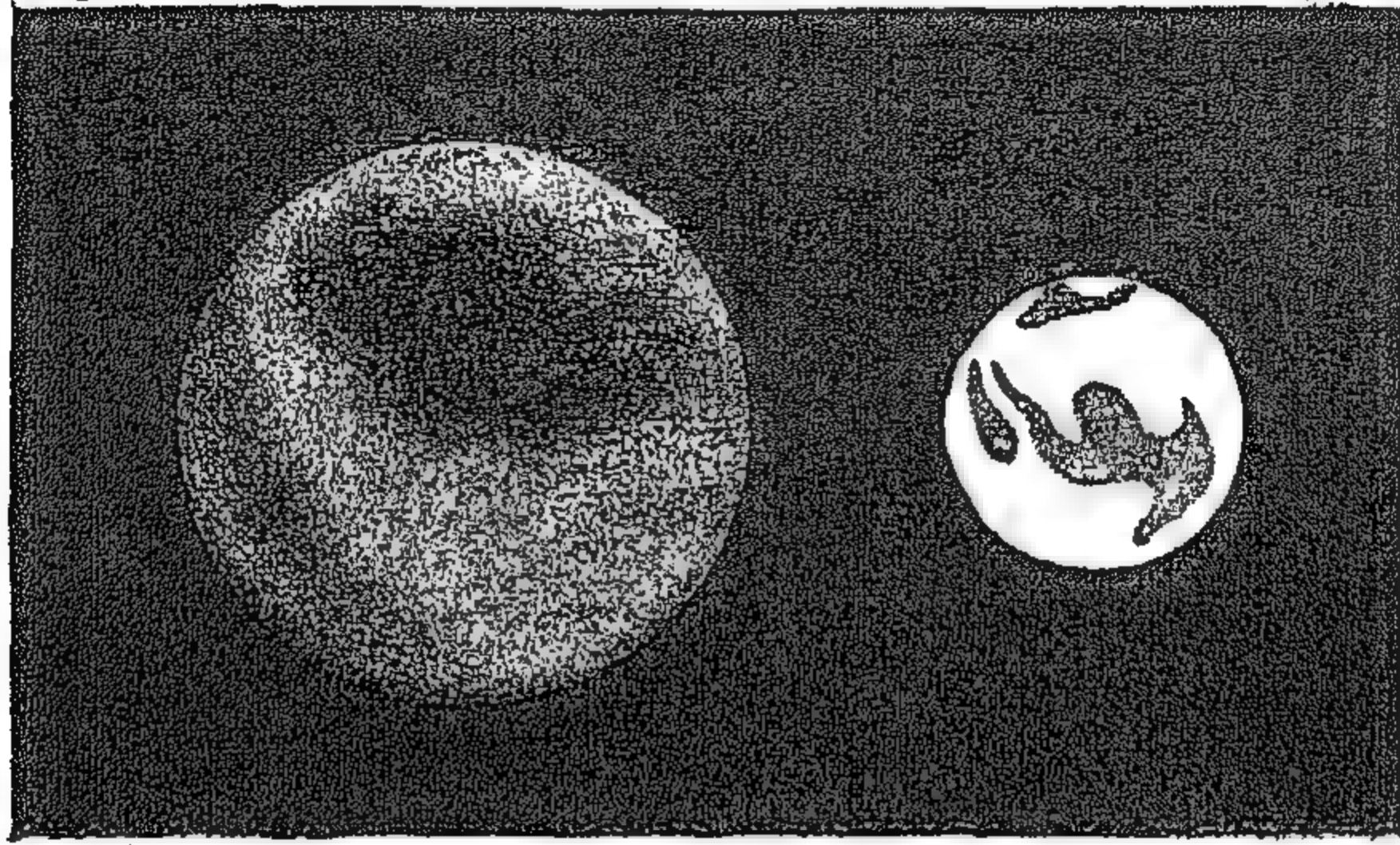
ش ٩٦ الزهرا والأرض

وتقر الزهرا كعطارد على قرص الشمس في بعض اجتماعاتها السفلى وهذه المرورات المشهورة  
عند الفلكيين حيث أنهم مستعملون لقياس اختلاف منظر الشمس أندر كثير من مرورات  
عطارد فلا تحصل الأمرتين في القرن تقريبا وآخر مرورين صار رصدهما أحدهما كان في ٨  
ديسمبر سنة ١٨٧٤ والآخر في ٦ ديسمبر سنة ١٨٨٢ ولا يحدث غيرهما قبل سنة ٢٠٠٤  
وفي مرور سنة ١٧٦١ ظهر قرصها الأسود محاطا بحلقة سحابية وكذلك حينما كان جرمها  
على الشمس والجزء الآخر خارجا رؤى حلقة مضيئة على دائرة القوس الخارج ومن هاتين  
المشاهدتين قالوا بوجود جو سميك حول كوكبها وعدم انتظام الخط الفاصل بين الظل  
والنور في أشكال الزهرا قد أدى إلى فرض أنها ذات جبال شاهقة في الارتفاع ويظن أن  
بعضها يصل ٤٤ كيلومترا

٣٠٣ - المريخ (شكل ٩٧) - السيار الذي يلي الزهرا بالنسبة للشمس هو الأرض  
وقد سبق الكلام عليها والذي يليها هو المريخ وبعده المتوسط عن الشمس قدر بعد الأرض عنها  
مرة ونصف ومقداره ٢٢٥ مليون كيلومترا تقريبا ومقدار بعده في الرأس ٢٤٦ مليون  
كيلومترا وفي الذنب ٢٠٣ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره ٠.٩٣ ر. قدر اختلاف  
مركز مدار الأرض ست مرات تقريبا

وبعد المريخ عن الأرض يتغير كثيرا ويتأكد من ذلك برصد قطره الظاهري بواسطة التلسكوب  
ففي لحظة الاستقبال يكون هذا القطر في نهايته العظمى ويكون بعد المريخ عن الأرض

وقتئذ في نهايته الصغرى ويرى قرص المريخ من الارض ذا أشكال ولا يظهر وقت البذر  
كامل الاستدارة بل يشابه قرص القمر قبل أو بعد البدر يومين أو ثلاثة



ش ٩٧ المريخ والارض

ومقدار القطر الظاهري للمريخ يساوى ٥٤ ر. من قطر الارض تقريباً أى يساوى ٦٨٠٠  
كيلومتراً وبأخذ حجم الارض وحدة يكون حجم المريخ مساوياً ١٤٧ ر. وكرة المريخ ناقصية  
ومقدار تباطيها  $\frac{1}{10}$  أو  $\frac{1}{11}$  على رأى بعض الراصدین وهو قدر تباطيط الارض ٦ أو ٩ مرات  
وإذا نظر الى قرص المريخ بنظارات عظيمة وجد على سطحه كثافات مستديرة ذات حركة في جهة  
واحدة وهذا دليل على تحرك كرة المريخ حول أحد أقطارها ومدة هذه الدورة  $24\frac{3}{4}$  س  
وبمقارنة هذا العدد بمدة دورته السنوية يوجد أن مدة الدورة السنوية مركبة من ٦٦٩ يوماً  
نجمياً للمريخ ومحور دورانه مائل على مستوى فلكه بقدر  $21\frac{1}{2}^\circ$

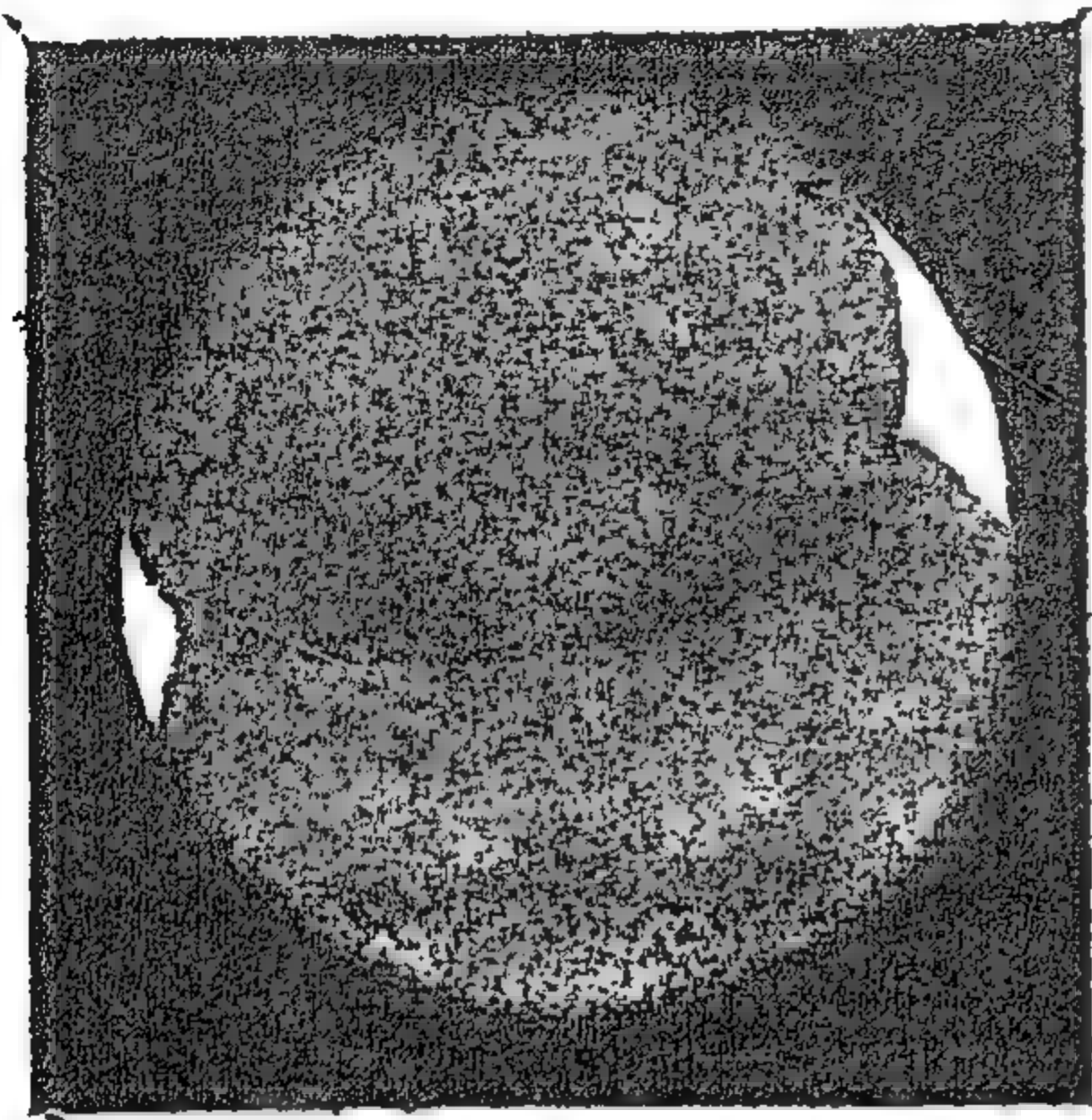
٢٠٤ - أقمار المريخ - كلفه - يوجد للمريخ قران اكتشف في أغسطس سنة ١٨٧٧  
فأقربهما اليه وهو (فوبوس) يرسم مداره في ٧ ساعات و ٣٩ دقيقة وأبعدهما (ديموس)  
يتم دورته في  $18\frac{1}{2}$  س

وبفحص قرص المريخ بالنظارة قد اكتشفت فيه كثافات لامعة ذات لون لطيف الاحمرار  
وكثافات أخرى مظلمة ذات لون أزرق شكلها الغير متغير تقريباً يستدعى وجود بحار وقارات  
وخلاف هذه الكثافات المستديرة قد اكتشفت كثافات مظلمة تتغير بسرعة في الشكل والوضع  
ولاشك في انها كتل صحابية تتحرك في جو السيار

وأيضاً يظهر أن طرفي محور دورانه أو قطبيه مغطيان بكثافات بيضاء ذات ضوء أعظم من الاجزاء  
اللامعة الأخرى من القرص (شكل ٩٨) وامتداد هاتين القطعتين القطبيتين متغير أيضاً



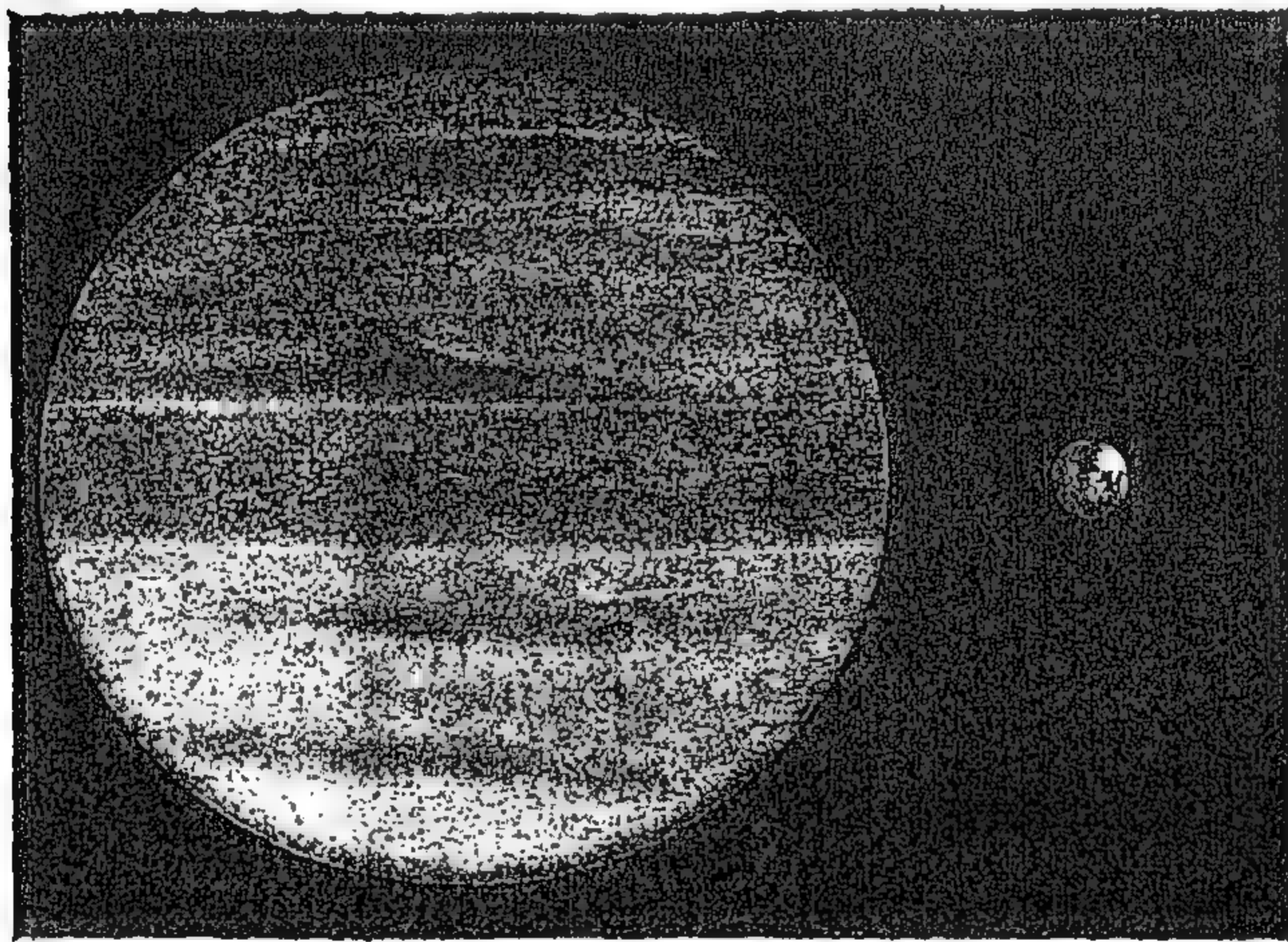
وقد شوهد أن ازدياده ما ونقصه ما مناسب لوضع كل قطب في متبالة الشمس فمدة شتاء كل



نصف كرة تمتد الكافات القطبية المطابقة على العروض المجاورة للمنطقتين المعتدلتين شيئاً فشيئاً وفي مدة الصيف تتناقص وتوّل الى دائرة ذات امتداد قليل مركزها القطب وجميع هذه الظواهر أدت الى القول بأن جوّ المريح مشحون بأبخرة بكّوا الارض وهذه الابخرة تتكاثف في الشتاء وتسير الى الجبل بحيث يوجد منطقتان مغطتان بالثلج والجليد كما يوجد على الارض

ش ٩٨

٣٠٥ - المشتري - ابعاده - المشتري هو أكبر جميع السيارات وحجمه قدر حجم الارض ١٣٠٠ مرة وقطره يساوي ١٤٠٠٠٠ كيلومتراً فهو قدر قطر خط الاستواء الارضي ١١ مرة وبعده المتوسط عن الشمس يساوي ٧٧ مليون كيلومتراً واختلاف مركز مداره ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض (شكل ٩٩)



ش ٩٩ المشتري والارض

وباختبار قرص المشتري بالانظار لا ترى له أشكال ويظهر تبسيطه جلياً وقد قدره بالمقدار  $\frac{1}{18}$  وهو أكبر من تبسيط الارض بقدر ١٧ مرة تقريباً . ويوجد مخطط على قرص المشتري

١٩ - قسمه وخرافيه



أحرمة كبيرة مظلمة مستنيرة واختبارها يعلم ان لها حركة دورية ذات مدة ثابتة تستلزم وجود حركة دورانية للسيارة حول أحد أقطاره وقد وجد أن مدة هذه الدورة  $٥٦$  و  $٩$  والحركة حاصله حول قطر عمودي على الاتجاه العمومي للأحرمة ومارب القطبين الحاصل فيهما التبسيط ومحور دوران المشتري مائل بقدر  $٨٧$  على مستوى فلكه وسنة المشتري تعادل اثنتي عشرة سنة من السنين الأرضية والمشتري جويظن انه سميك جدا والاحزمة اللامعة من قرصه يحتمل انها كتل سماوية واتجاهها الموازي لخط الاستواء يلزم أن يكون ناشئا عن رياح مشابهة للرياح الأرضية المنتظمة

ويحاط المشتري بأربعة أقمار تظهر في النظارات كنجوم صغيرة تتذبذب في جهتي قرصه فتمر امام القرص وخلفه أو في المخروط الظلي الذي يحذفه السيارة في الفراغ وتحتجب عن النظر عند ذلك وتحدث حادثة الكسوف

وهالك جدولاً بأسماء وابعاد ومدد دورات الاقمار الاربعة

أسماء	ابعاد مقسدة بنصف قطر المشتري	ابعاد بالفرسخ الذي مقداره ٤ كيلومترا	مدد الدورات
يو.....	٥,٩٣	١٠٣٧٥٠	د س ي ٢٧ ١٨ ١
يورويا.....	٩,٤٤	١٦٥٠٠٠	٣ ١٣ ١٤
جانيميد.....	١٥,٠٦	٢٦٣٥٠٠	٧ ٣ ٤٣
جالليستو.....	٢٦,٤٩	٤٧٤٠٠٠	١٦ ١٦ ٣٢

والتابع الثاني هو الاقل حجما من القمر والثالث أكبرها وهو أكبر من  $\frac{2}{3}$  حجم عطارد

٣٠٦ - زحل - بعده عن الشمس والأرض - يمتاز زحل من بين السيارات بالحلقة أوجله الحلقات ذات المركز الواحد المنفصلة عن الكرة وانما تدور حوله في مستوى خط استوائه (شكل ١٠٠)

والبعد المتوسط لرحل عن الشمس هو قدر بعد الأرض عنها تسع مرات ونصف أعني ١٤٠٠ مليون كيلومترا تقريبا ولكن مداره ناقصا يكون بعده عنها وهو في الرأس ١٤٩٠٠٠٠٠٠ كيلومترا وفي الذنب ١٣٣٠٠٠٠٠٠٠ كيلومترا واختلاف مركز مداره أكبر من ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الأرض (٠,٠٥٦)



من كرة زحل والحلقة الخارجة لها لون سنجابي مثل الاحزمة المعتمة من القرص تقريبا وكلا هاتين الحلقتين مظلمتان وتحذفان على زحل ظاهرا جدا وأما الحلقة الداخلة فبالعكس مظلمة شفافة فتظهر امام كرة زحل كحزام معتم لكن منها يرى الجزء المستضيء من القرص وابعاد هذه المجموعة عظيمة ومجموع عروض هذه الحلقات يعادل نصف قطر زحل نفسه أعنى ٦٠٠٠ كيلومترا تقريبا وأما سمكها فقابل وقد قدره (هرشل) بأنه لا يزيد عن ٣٠٠ فرسخ وإذا رصدت حلقات زحل من الارض تظهر مناظر مختلفة جدا فتارة تظهر كبيض اوى كبير مستدير يحيط بجميع السيارت تقريبا وتارة تضيق شيئا فشيئا فلا يبقى منها سوى خيط مستدير يحيط بالقرص وأحيانا تختفى بالكامة ولزحل ثمانية أقار وهالك جدولا بأسمائها وابعادها عن مركز السيار ومدة دوراتها النجمية

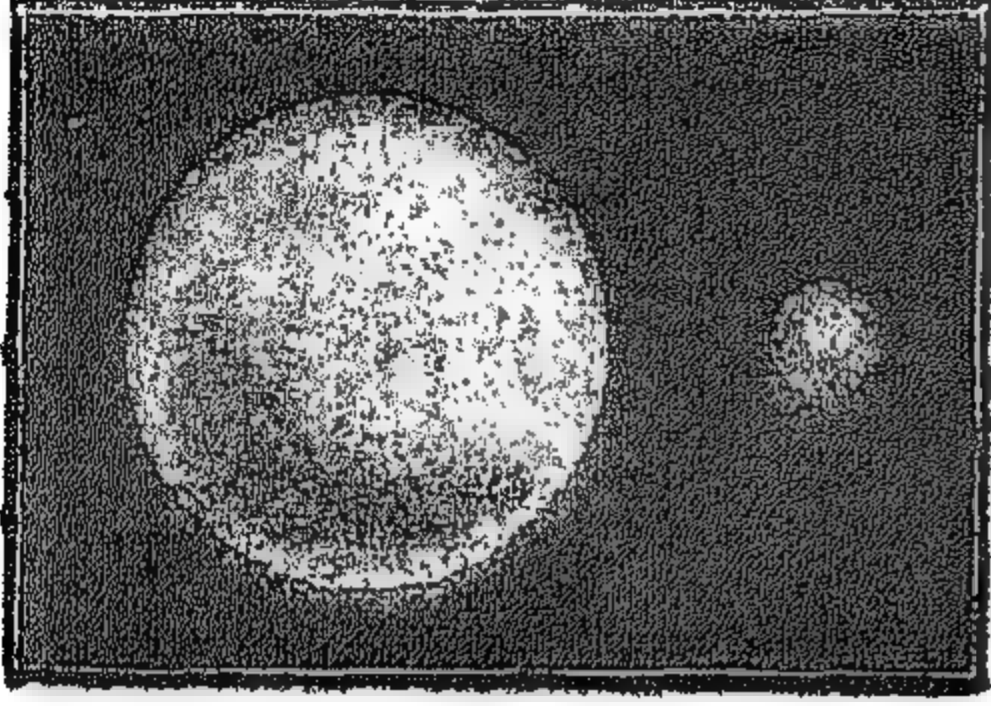
أسماء	بعدها عن نصف قطر زحل	ابعاد بالكيلومتر	مدد الدورات
ميماس .....	٣,١١	١٨٥٠٠٠	د س ي ٠ ٢٢ ٣٧
انسلا .....	٣,٩٨	٢٤٠٠٠٠	١ ٨ ٥٣
تيتس .....	٤,٩٥	٢٩٤٠٠٠	١ ٢١ ١٨
ديونى .....	٦,٣٤	٣٧٦٠٠٠	٢ ١٧ ٤١
ريا .....	٨,٨٦	٥٢٥٠٠٠	٤ ١٢ ٢٠
تيتان .....	٢٠,٤٨	١٢١٤٠٠٠	١٥ ٢٢ ٤١
هيپريون .....	٢٥,٠٧	١٤٨٦٠٠٠	٢١ ٦ ٣٩
ياپت .....	٥٩,٥٨	٣٥٣٣٠٠٠	٧٩ ٧ ٥٤

وأضوأها وأكبرها هو تيتان وقطره ٥٣٠٠ كيلومترا فيكون حجمه قدر حجم القمر ثلاث مرات ٣٠٨ - اورانوس واستكشافه - فى ١٥ مارث سنة ١٧٨١ بين الساعة ١١ و ١٠ ليلا بينما كان العلم (هرشل) يبحث بالنظارة صورة الجوزا اكتشف نجمة قطرها كبيرواها حركة خاصة هي السيار اورانوس فاورانوس له ضوء نجمة من القدر السادس ويرى بالعين العارية وأما الصغر الذى فيه فهو نسي وينشأ عن كبر بعده المتوسط عن الشمس وبالتبعية



عن الارض وعن قله الضوء الذي تبعثه له الشمس ولونظر اليه بظارة عظيمة فان شكل قرصه المستدير يصير واضحا ويمكن تقدير قطره الظاهري

والمدار الذي يرسمه اورانوس حول الشمس قطع ناقص اختلاف مركزه ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض تقريبا ولذا انه أثناء مدة دورته البالغة ٨٤ سنة تقريبا أو ٣٠٦٨٧,٧ مليون فرسخ يوما بالضبط يتغير بعده عن الشمس دائما والنهية العظمى لهذا البعد هي ٧٤٠ مليون فرسخ والنهية الصغرى له ٦٧٥ مليون فرسخا والبعد



المتوسط ٧٠٨ مليون فرسخ وحجم اورانوس قدر حجم الارض ٦٩ مرة وقطر كرتة ٤,٢٥ بأخذ قطر الارض وحدة (شكل ١٠١)

ومقدار تبسيط كرة اورانوس هو ١/٢ ومدة دورته حول أحد أقطاره قد قدروها حديثا ١٢ ساعة تقريبا

ش ١٠١ اورانوس والارض ولا اورانوس أربعة أقمار وهالك جدولاً باسمائهم وأبعادها عن مركزه ومدة دوراتهم حول

أسماء	أبعاد مقدره بنصف قطر اورانوس	أبعاد بالكيلومتر	مدد الدورات
أريل .....	٧,٧٢	٢٠٨٠٠٠	د س ي ٢ ١٢ ٢٩
أمبريل .....	١٠,٧٦	٨٠٠٥٠٠	٤ ٣ ٢٧
نيتانيا .....	١٧,٦٥	٤٨٠٠٠٠	٨ ١٦ ٥٦
أوبرون .....	٢٣,٦٠	٦٤٩٠٠٠	١٣ ١١ ٧

٣٠٩ - نبتون - بعده المتوسط عن الشمس قدره ١١٠٧٠٠٠ فرسخ وهو أبعد السيارت ومداره القريب من الدائرة الذي يرسمه حول الشمس متسعا كثيرا فلا يتم دورته في أقل من ١٢٥ سنة

وتكرار المباحث الذي أجراه باجله من الفلكيين في أسباب الاضطرابات الحاصلة في سير (اورانوس) أداهم الى ان ينسبوا هذه الاضطرابات الى سيار مجهول استنادا على نظرية الجذب العام وقد تمت المباحث واكتشف (نبتون) في ٣١ أغسطس سنة ١٨٤٦

(ونبتون) لا تمكن رؤيته بالعين العارية وبالنظارات يظهر كنجمة من القدر الثامن وبقياس

القطر الظاهري له أمكن تعيين أبعاده الحقيقية ومعرفته أن قطره يساوى ٨٠ و ٣ إذا أخذ قطر الأرض وحدة وأما تبسيط كرتة فغير معلوم وحجمه قدر حجم الأرض ٥٥ مرة تقريبا (ولنبتون) تابع واحد يتم دورته حوله في خمسة أيام واحد وعشرين ساعة

٢١٠ - اكتشاف السيارات التلسكوبية - قد ذكرنا فيما سبق أنه قبل أواسط القرن الثامن عشر كان عدد السيارات المعروفة ستة وقد صارت ثمانية وفي اليوم الأول من القرن التاسع عشر أعني أول يناير سنة ١٨٠١ اكتشف الفلكي (بيازي) سيارا جديدا سماه سيرس يدور حول الشمس على مدار محصور بين مداري المريخ والمشتري

ومن سنة ١٨٠٢ الى ١٨٠٧ استكشفت ثلاثة سيارات أخرى وهى (بلاس) و (جونون) و (فستا) فالاثنتان الأولان موجودان بين المشتري والمريخ مثل سيرس وعلى بعد من الشمس يختلف قليلا عن بعده عنها والغاية سنة ١٨٤٥ كانت السيارات الصغرى هى هذه الأربعة ثم بعد ذلك كثرت الاستكشافات حتى صار من النادر مضى سنة بدون أن تستكشف سيارات جديدة وقد علم لغاية اليوم ٢٤٨ سيارا

وجميع السيارات الصغرى مكونة بجملة محصورة بتمامها في منطقة كائنة بين المريخ والمشتري وشكل مداراتها ناقص مثل السيارات الأصلية

٢١١ - أكبر السيارات الصغرى هى الأربعة التى اكتشفت أولا بالترتيب الآتى (بلاس) و (جونون) و (فستا) و (سيرس)

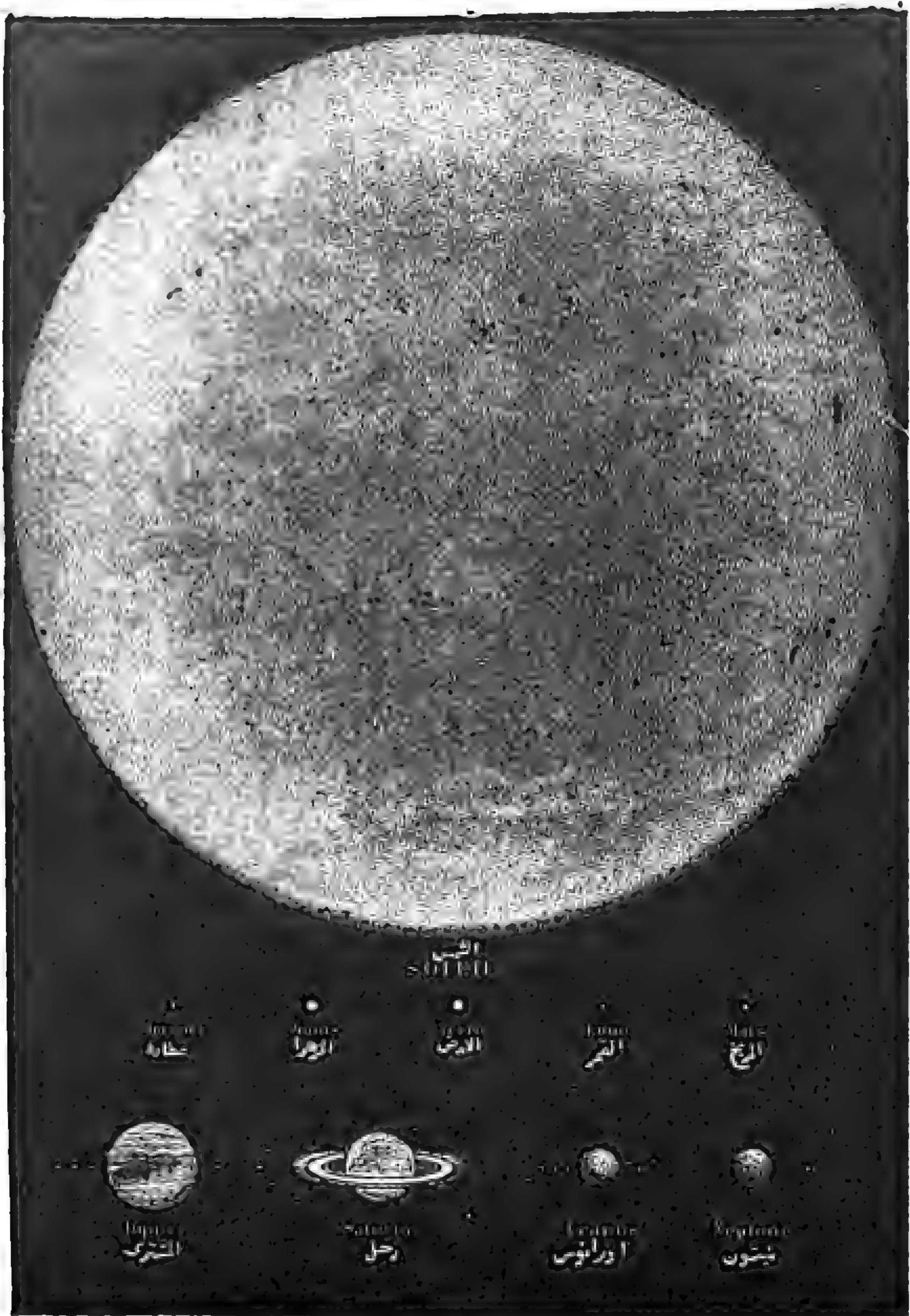
وأضوأ هذه الأربعة هو (فستا) وأما السيارات الأخرى فإممكن تقدير قطرها الظاهر لصغرها وتظهر في النظارات كنقطة مضيئة

٢١٢ - المجموعة الشمسية - تحتوى المجموعة الشمسية على ٢٠٧ كوكب ويمكن ترتيبها على الوجه الآتى

أولا - الشمس - وهى الجسم المركزى المضى بنفسه وأبعادها أعظم كثيرا من أبعاد باقى أجسام المجموعة وهى ينبوع الحرارة والضوء

ثانيا - ١٩٩ سيارا موضوعة على أبعاد مختلفة من الشمس وتدور حولها على حسب القوانين التى ذكرناها ويصحب هذه السيارات ٢٢ تابعا

ثالثا - سبعة من ذوات الذنب الدورية و (شكل ١٠٢) يبين المجموعة الشمسية



ش ١٠٢ المجموعة الشمسية





## الباب السابع

ذوات الاذنان - الشهب - الكرات النارية - الحجارة الجوية

### الفصل الاول

ذوات الاذنان والشهب

٣١٣ - ذوات الاذنان - النواية والشعور - الذنب - المجموعة الشمسية ما عدا الشمس والسيارات وتوابعها تشتمل أيضا على عدد عظيم من الكواكب التي تتحرك حول الشمس وتمتاز عن السيارات بشكل مداراتها وبأوصافها الطبيعية الخاصة بها دون سواها وهذه الكواكب هي ذوات الاذنان وتظهر في الغالب ذات الذنب كنجمة يحاط قلبها المستضيء أى نوايتها بحجاب مستضيء كثيرا أو قليلا وسماها قدماء الفلكيين بالشعور

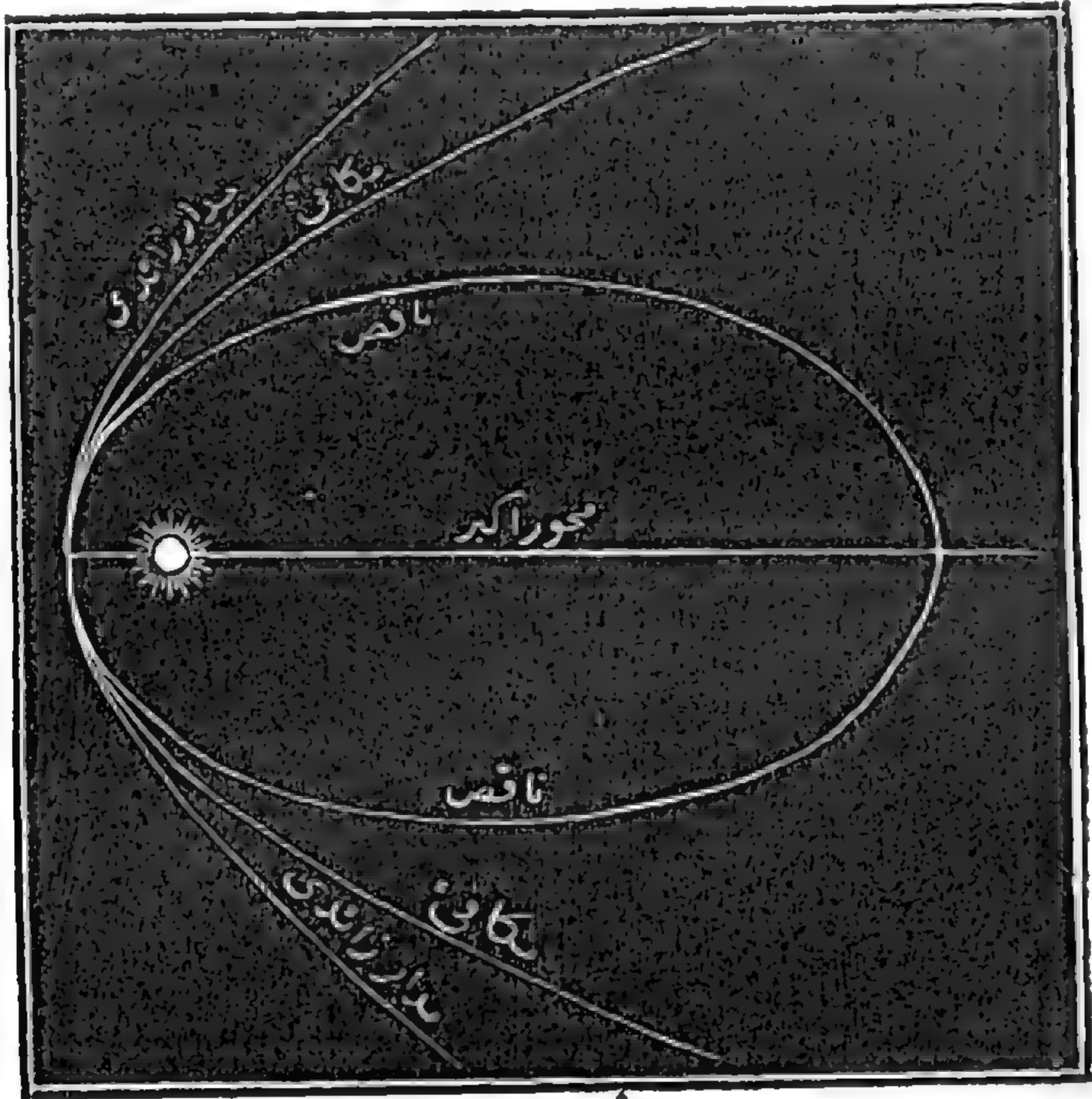
وكثيرا ما يتصل بالقلب خلاف الاكليل البخارى ذنب مستضيء يختلف طوله من نجمة الى أخرى أو في النجمة الواحدة وشكل الشعور وابعادها الظاهرية والحقيقية وشكل وابعاد الذنب متغيرة جدا وقد شوهدت نجوم ذات ذنين بل أكثر

فالاكليل البخارى الذى يكون مع انقلب المستضيء رأس ذات الذنب والذنب الواحد أو الاذنان المعهوبة بهما الرأس لا يمكن مع ذلك اعتبارها أوصافا مميزة لذوات الاذنان لانه يوجد منها ما هو عار عن الذنب وعن القلب اللامع ومنها ما له قلب محاط بحجاب وليس له ذنب

٣١٤ - شكل مدارات ذوات الاذنان - شكل مدارات ذوات الاذنان هو أول صفاتها المميزة لان السيارات المعروفة اليوم تتحرك على طول منحنيات مقفلة مستديرة تقريبا ولذلك تبقى متطورة لنا على الدوام بالنظارات ان لم تكن بالعين العارية لكن أغلب ذوات الاذنان يدور حول الشمس ويرسم اقاطاعات ناقصة طويلة للغاية أو منحنيات ذات فروع غير محدودة وينتج من ذلك ان ذوات الاذنان لا ترى الا في بحر صغير جدا من مدارها حينما تصير في أقرب بعد لها عن الشمس وعن الارض

وبما ان مدد دوراتها وابعاد مداراتها عظيمة لم تمكن رؤية رجوع غير قليل منها (وشكل ١٠٣) يبين أنواع المنحنيات المرسومة بذوات الاذنان المختلفة التي صار رصدتها فالمنحنى الاول قطع ناقص توجد الشمس في احدي بؤرتيه وحيث انه منحنى مقفل فهما كانت استطالته فالنكوكب السائر عليه لا بد وان يرجع بالدور في أوقات متباعدة كثيرا أو قليلا

والثاني هو قطع مكافئ شكله مماثل كثيرا للقطع الناقص ويمتاز عنه بأن فرعيه يتباعداً إلى ما لا نهاية ولا يلتقيان أصلاً ويحتمل أن ذوات الأذئاب التي يظهر أن مداراتها منحنيات مكافئة ترسم في الحقيقة قطاعات ناقصة مستطيالة للغاية تتحد بالقطع المكافئ كامل مدة ظهور الكوكب وفي هذه الحالة تكون مدة الدورة كبيرة جداً بحيث لا يمكن مشاهدة الرجوع مطلقاً ولكن ربما حصل أما إذا كان المدار قطعاً زائداً فلا يشاهد الرجوع البتة لأن فرعيه غير محدودين ويمتاز في الأصل عن القطع الناقص بكون الفرعين المذكورين يتباعداً شيئاً فشيئاً عن الشكل الداخلى المميز للقطع الناقص فلا يمكن أن يتحد القطع الزائد به مطلقاً وعندما يكون المدار مكافئاً أو زائداً يقرب الكوكب من الشمس مرة واحدة ثم يبعد ولا يرجع لها ثانية



ش ١٠٣

٣١٥ - عدد ذوات الأذئاب - عدد ذوات الأذئاب عظيم فقد رؤى منها زيادة عن ٨٠٠ من قديم الزمان للغاية يومنا هذا وما دامت المباحث التاسكوبية تزداد عددها ويحتمل عدها بالملايين ويقع كلام (كبلير) في محله حيث قال أن عدد ذوات الأذئاب كعدد أسماك البحار



٢١٦ - الصفات المميزة لمدارات ذوات الاذنان - قد ذكرنا ان ذوات الاذنان تمتاز عن السيارات باستطالة المنحنيات التي ترسمها حول الشمس وهناك صفتان اخريان مميزتان لهما أيضاً اولاهما ميل مستويات المدارات فانها عوضاً عن ان تكون محصورة بين نهايات صغيرة كميل مدارات السيارات تأخذ جميع المقادير المحصورة بين  $90^\circ$  و  $0^\circ$  ثانياً اتجاه الحركة فانها تارة تكون من الغرب الى الشرق وتارة تكون من الشرق الى الغرب بخلاف السيارات فانها تتحرك جميعها في جهة واحدة من الغرب الى الشرق بالنسبة للراصد الموجود على الوجه الشمالي من مستوى مدار الارض

٢١٧ - ذوات الاذنان الدورية - من ذوات الاذنان التي اكتشفها الارصاد أو تكتشفها ما تعينت مداراتها الناقصية وأمكن حساب مدد دورتها التي غالباً ما تكون كبيرة جداً فتعد بالآلاف أو بمئات الآلاف من السنين ومن ذوات الاذنان التي مداراتها ناقصية ما يؤمل رجوعها عن قريب ولو أن مدة الدورة عظيمة ولذا يجب أن نحسب من ذوات الاذنان التسع التي حسب زمنها ووجد أقل من قرنين تتم رجوعها قبل سنة ١٩٢٣ ومع ذلك فلبعضها مدة قصيرة نوعاً حتى أمكن مشاهدة جولة دورات بواسطة رجوعاتها المتتالية وسميت ذوات الاذنان الدورية

وحينما تظهر ذات ذنب لا يمكن الحكم عليها بكونها دورية أو غير دورية لأن شكل وابعاد ذات الذنب تتغير كثيراً حتى في أثناء الظهور الواحد والطريقة الوحيدة لذلك هي معرفة عناصر مدارها ثم البحث في الرسائل المعولة لذوات الاذنان السالفة حتى اذا وجدوا عناصر مدارها مثل تلك علم انها دورية

ولبيان ذلك نأخذ ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٦٨٢ والتي اكتشفها (هالي) (شكل ١٠٤) الذي سماها باسمه فن الارصاد التي أجراها جوله من الفلكيين مدة ظهورها وجد لعناصر مدارها هذه المقادير

الميل	طول العقدة	طول الحضيض	البعد الحضيضي	جهة الحركة
$174^\circ 5'$	$111^\circ 18'$	$37^\circ 50' 30''$	٥٨ ر	تقهقرية

و (كباير) وغيره من الفلكيين كانوا مقررين ان ذات ذنب ظهرت في سنة ١٦٠٧ عناصر مدارها هي

الميل	طول العقدة	طول الحضيض	البعد الحضيضي	جهة الحركة
$176^\circ 17'$	$9^\circ 14' 48''$	$59^\circ 46' 30''$	٥٨ ر	تقهقرية

فن تساوى هذه العناصر تقريرا باستنتاج المعلم (هالى) ان النجمتين واحدوتاً كد من ذلك زيادة بمقارنة تلك العناصر بعناصر النجمة التي ظهرت في سنة ١٥٣١ ووجودها متساوية تقريرا ويعلم من هذا ان مدة دورتها حول الشمس ٧٦ سنة تقريبا وعلى ذلك أنبأ برجوعها في اخر سنة ١٧٥٨ أو في ابتداء سنة ١٧٥٩

وبمناسبة مدة الدورة المذكورة يلزم ظهور ذات الذنب المذكورة في سنة ١٩١٠

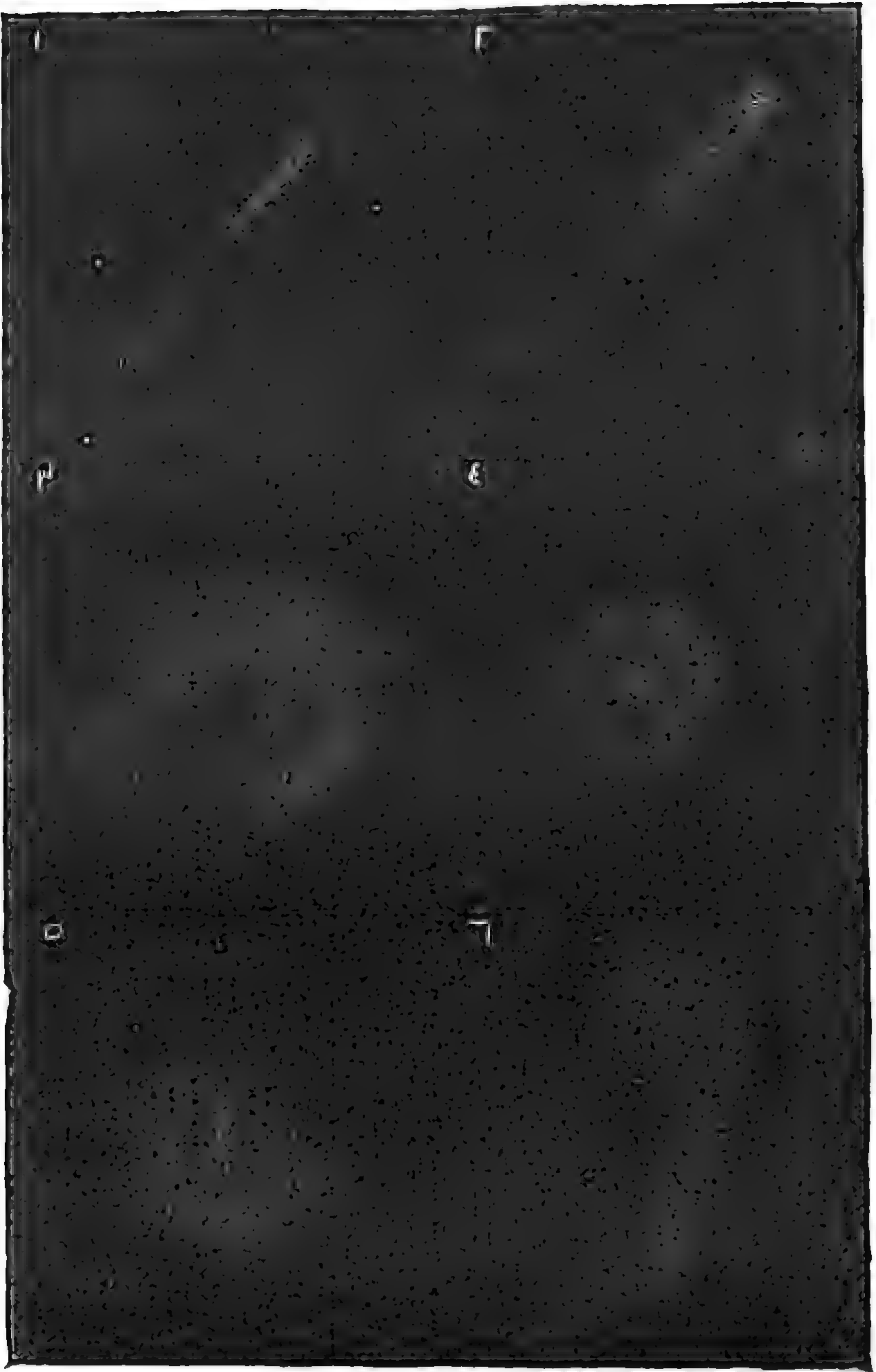
٣١٨ - ذات الذنب (انك) - هذه النجمة تسمى ذات المدة القصيرة وهي ٣ سنين و ٣١٠ يوما والمعلم (انك) رصدها في سنة ١٨١٨ واستنتج بالحساب انها عين ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٧٨٦ و ١٧٩٥ و ١٨٠٥ وجميع مروراتها بالرأس كانت منتظمة لكن من الغريب ان مدة دورتها آخذة في النقص دائماً بحيث اذا تبع هذا النقص قانونا واحدا أمكن القول باللمحة التي فيها تغطس في جو الشمس . وليس لهذه النجمة ذنب ولا ترى بالعين العارية وبانظارات ترى بشكل كتلة بخارية لانواة ولا ذنب لها وحركتها طردية ومستوى مدارها يميل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣

٣١٩ - ذات الذنب (بيلا) - هذا الكوكب اكتشفه المعلم (بيلا) في ٢٧ فبراير سنة ١٨٤٦ وهو يتم دورته في ظرف ست سنين وثلاثة أرباع ومدارها يقطع مستوى الدائرة الكسوفية على بعد يساوى بعد الأرض عن الشمس تقريرا حتى انه عند ظهورها في سنة ١٨٣٢ وجدت في العقدة وكان تقابلها مع الأرض محتملا ولكن من ذلك الوقت قد اعترتها اضطرابات بها امتنع الخوف من حصول هذه الحادثة وليس لذات الذنب المذكورة نواة وحركتها طردية ويميل مستوى مدارها على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣ وبعدها وهي في الذنب ٣٢٧١٠٠٠ فرسخا وفي الرأس ٢٣٥٣٧٠٠٠ فرسخا وفي سنة ١٨٤٦ تضاعفت ذات الذنب (بيلا) الى ذاتي ذنب مميزتين غير متساويتين بعدهما عن بعضهما ٦٠٠٠ فرسخا تقريبا

وفي سنة ١٨٥٢ ظهرت مذنبين أيضا لكن البعد بينهما زاد عما كان وبلغ ٥٠٠٠٠ فرسخا

٣٣٠ - ذوات الاذنان المشهورة دورية وغير دورية - من ضمن ذوات الاذنان العديدة التي رصدت يمكن مشاهدة عدد قليل بالعين العارية وقليل منها ما يدهش العالم بسبب كبر ابعادها وشدة ضوئها

فن ذوات الاذنان الشهيرة جدا في القرون السالفة ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٥٠٠ وذات الذنب المسماة (شارل كانت) التي ظهرت في سنة ١٥٦١ وقد قال الفلكيون برجوعها



ش ١٠٤ ذات انهب هالى بناء على ارضاده رشل

١ ذات الذنب فى ٢٤ اكتوبر سنة ١٨٣٥ - ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ التغيرات المتتالية لها





في سنة ١٨١٠ ثم ترجع بعد ثم ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٦٨٠ التي كانت نوايتها  
تضيء كنجمة من القدر الاول ثم ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٧٤٤ وكان ذنبها مفتحا  
كالروح

وفي الجيل التاسع عشر ظهرت ذوات أذنان لامعة لمعنا شديدا ترى بالعين العارية وأشهرها  
ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٨١١ وظهورها أثر تأثيرا وهي لا ترجع الا بعد ثلاثين  
قرنا وقطر سمائها لا يقل عن ٥٠٠٠٠ وذنبا ذو الابعاد العظيمة طوله ٤٠ مليون فرسخ  
(شكل ١٠٥)



ش ١٠٥ مذنب ١٨١١

وذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٨٤٥ وهي ألمع جميع ما روي من ذوات الاذنان حتى ان  
قلبا وجزء من ذنبها كان يرى في النهار وكان ذنبها مشهورا خلاف ذلك بطوله وانه نظام عرضه  
وهي اقرب جميع ذوات الاذنان الى الشمس ويحتمل ان التي ظهرت في سنة ١٨٨٠ هي  
نفس التي ظهرت في سنة ١٨٤٥

وفي هذه الثلاثين سنة الاخيرة قد اكتشفت عدة من ذوات الازناب وتجنب الاطالة ضربنا  
صفحة عنها

٣٢١ - التركيب الطبيعي لذوات الازناب - لا يعلم عن التركيب الطبيعي لذوات  
الازناب الا شئ قليل ومع ذلك فقد ثبت ان كتلتها أقل كثيرا من كتل السيارات وكثير منها يمرور  
بجوار السيارات يحصل في حركته اضطرابات عظيمة وهي لا تؤثر شئاً على السيارات التي  
تقرب منها والخاف التي زعموا حصولها من تصادف مقابله ذات ذنب مع الارض قد زالت  
وتبين بطلانها وانما يمكن ان هذه المقابلة تحدث ظواهر جووية كحادثة شهابية وهذه ظاهرة  
مشهورة حقيقية ليست مضمرة

وضوء ذوات الازناب من انعكاس ضوء الشمس والضوء الذي تلعبه نوايات ذوات الازناب  
يتعلق بالكلمة بقربها من الشمس ويعدّها الكبيرة والصغيرة عن الارض وتحليل ضوءها  
بالاسبكتروسكوب أظهر أنّها مكوّنة من كربورالايدروجين ومركب من الصوديوم

## الفصل الثاني

الشهب - الكرات النارية - الحجارة الجوّية

٣٢٢ - الشهب - الكرات النارية - الحجارة الجوّية - في أكثر الليالي يرى  
ما يشبه شعلا نارية تمر بسرعة في الجو وترسم منحنيًا مستضيئًا يتغير امتداده وتختفي بسرعة بعد  
مضي بعض ثوان من وقت ظهورها وتلك المناظر تسمى بنجوم مساقطة وشهباً وهي لا تخرج  
عن كونها أجساماً صغيرة الأبعاد جدّا تسخن بمقابلتها بالجو والارض ومقاومة الهواء لها الى  
أن تصير لامعة وأغلب الشهب تترك وراءها ذيلاً مضيئاً ناشئاً من احتراقها وهذا الذيل يشاهد  
مدة بعض ثوان فقط بعد اختفاء النجمة ويندر بقاؤه ظاهراً بعض دقائق

ويقبل كون الفراغ ملوّاً بعدد وافر من أجسام صغيرة تتحرك حول الشمس كالسيارات وحينما  
تمر الارض بجوارها يرى عدد عظيم من هذه الظواهر الجوّية وحينئذ فلا تظهر الشهب  
بعدد واحد في جميع الليالي بل يزداد عددها في العاشر من شهر أغسطس والثالث عشر  
من شهر نوفمبر وأما الاوقات الاخرى التي تكون فيها أقل فهي ٢٠ ابريل و ٢٧ نوفمبر  
و ١٨ و ٢٠ اكتوبر و ٦ و ٩ و ١٣ دسمبر وأغلب الشهب تتحرك في جهة واحدة  
وينتهي خط سيرها في شهر نوفمبر بالقرب من الغول في صورة برشاوش أما في شهر أغسطس  
فينتهي بالقرب من نجمة من صورة الاسد



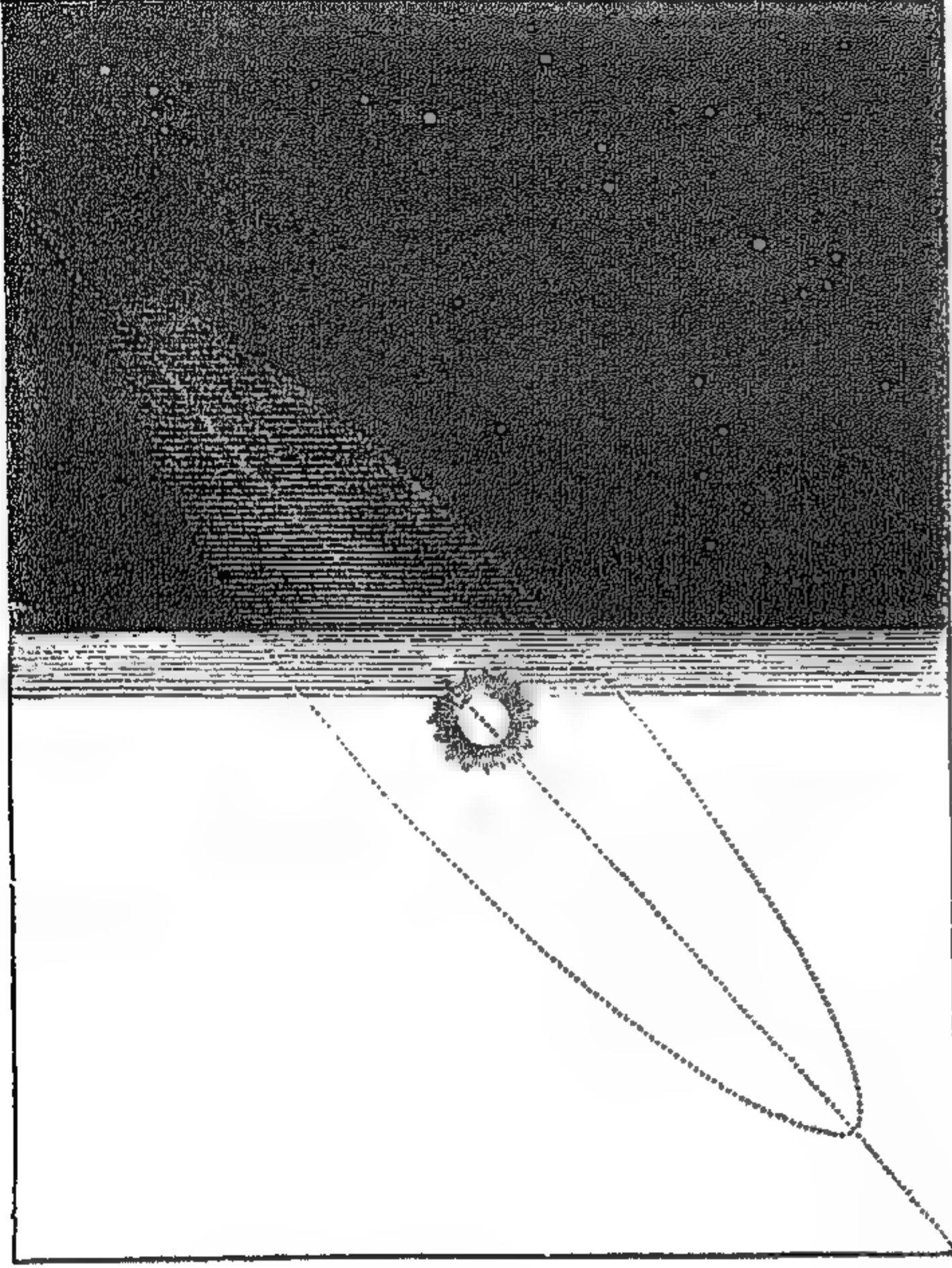
والسكرات النارية هي أجسام مضيئة تظهر وتختفي بسرعة كالشهب غير أنها ذات حركة بطيئة وتمزق غالباً بالقرب من الأرض فتحدث فرقعة وتنتج أحياناً اهتزازات قوية والأجزاء التي تقع على الأرض تسمى الحجارة الجوية ويدخل في تركيبها الحديد والسليس والمنيزيا والنيكل وغيره ويقال بأن السكرات النارية التي ظهورها قليل الحصول أصلاً مشترك مع الشهب ولون الشهب والسكرات النارية يتغير وقد وجد في حادثة شهابية ثلثا الشهب أبيض والثلث الآخر بين أصفر وأصفر محمر وأخضر

وقد أمكن تعيين ارتفاع عدد عظيم من الشهب وقت ظهورها ووجدت أعداد مختلفة جداً من ٨ كيلومتراً إلى ٦٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ كيلومتراً وسرعتها كذلك متغيرة وهي في الجملة عظيمة جداً فهي تساوي سرعة الأرض بل تزيد عنها وتنسب هذه الظواهر إلى وجود حلقات من مادة قطعها صغيرة الجرم دائرة حول الشمس مختلفة الميل على الدائرة الكسوفية وبمجرد قرب الأرض إلى أحد الحلقات تجذب إلى نفسها بعض تلك القطع فتسقط نحو الأرض وتشتغل في الجو على هيئة شهب أو تسقط إلى الأرض على هيئة حجارة جوية

ورأى (شياپارلي) هو الأرجح حيث يقول إن السحابات (أو السدام عند العرب) مؤلفة من مادة لم يتم تكاثفها حتى يتكون منها جرم سماوي حقيقي بل جواهرها لطيفة متفرقة ويرى أن لهذه السحابات حركة في الكون كما للشمس فيتفق وقوع بعضها داخل حدود جاذبية الشمس فتؤثر على الجزء المقدم من السحابة أكثر مما تؤثر في المؤخر وبذلك تبتدى السحابة بفقد هيئتها الكروية مادامت على بعد كبير فتستطيل وتصبح اسطوانة طويلة مقدمة القريب إلى الشمس أكتف ممورا فيتراأس المقدم ويبقى المؤخر منتشراً وكلما قرب إلى الشمس يتم هذا التحويل أكثر حتى يستتير الجزء المقدم الاكتف بنور الشمس فيصير نواة والقسم التابع هو الذنب ويبقى منحنيًا بسبب حركة السحابة كلها فيتسكون من السحابة الكروية نجمة ذات ذنب تبقى داخل حدود النظام الشمسي أو تنوء في فضاء الكون إلى حيث لا تدرى وذلك على حسب كون مدارها الذي ترسمه حول الشمس ناقصاً أو مكافئاً أو زائداً كما تقدم

وقد أوضح (شياپارلي) أيضاً أن هذا التغير في السحابة لا ينتهي بتحويلها إلى نجمة ذات ذنب بل كل جوهر منها له حركة مستقلة فلا بد أن الرأس أو النواة الأقرب إلى الشمس من الذنب تكمل دورانها حول الشمس قبل جواهر الذنب البعيدة فيستطاول أكثر فأكثر إلى أن يصير حلقة تامة عند ذلك تدور حول الشمس تلك الحلقة العريضة المؤلفة من المادة وعند اقتراب الأرض إليها تجذب من تلك المادة إليها فيحصل هطل شهابي

٣٣٣ - النور البرجى - يسمى نوراً برجياً نوع مخروط مستضى يرى بعد غروب الشمس عقب الشفق أو صباحاً قبل شروقها وعلى الخصوص يرى هذا الضوء مساءً نحو وقت



الاعتدال الربيعى وصباحاً نحو وقت الاعتدال الخريفي وذلك فيما بعد المدارين وأما فى الاقطار التى بينهما فانه يرى طول السنة بشرط أن يكون السماء راتقا وضوء القمر غير موجود والاستضاءة الضعيفة الموجودة فى الجزء المظلل من (شكل ١٠٦) تبين شكل النور البرجى وبنزول الشمس تدريجاً تحت الافق تختفى هذه الظاهرة وقد علم ان الجهة التى يمتد فيها النور البرجى أكثر تتحدد بالدائرة الكسوفية وتكون الشمس بالنسبة للنور البرجى موضوعة كما فى الشكل

ش ١٠٦

وفى الغالب أن المادة التى ضوءها يحدث النور البرجى شكلها عدسى وهى حلقة تحيط بالشمس أو سحابة مبططة تحيط بالشمس على بعد منها أما حقيقة أسباب هذه الظاهرة فليست معلومة

## الباب الثامن النجوم الثابتة

### الفصل الاول

اختلاف المنظر السنوي للنجوم - النجوم المتغيرة الدورية - الوقية - الجديدة -  
النجوم المزدوجة - المضاعفة

٢٢٤ - اختلاف المنظر السنوي للنجوم - حيث علمت حركات السيارات والحركة المضاعفة للأرض والحركة اليومية للمجرة النجمية والحركات الخاصة بجميع كواكب المجموعة الشمسية بقي علينا ان نبحث عن أسباب عدم التحرك النسبي لتلك الاجرام السماوية التي لا تظهر لنا اذا نظرنا الى أباعظم النظارات الانقطة امضيئة ذات ابعاد لا يمكن تقديرها فنقول ان عدم تحرك النجوم أمر ظاهري وان تراى لنا أن الصور السماوية حافظة أشكالاً غير متغيرة تقريباً فذلك انما هو ناشئ من كبر بعد كل نجمة عن النجوم المكونة للصور المذكورة عنا ونبين للتأشير من القواعد التي استعملها الفلكيون لحل المسئلة الصعبة المتعلقة بابعاد النجوم عن الأرض فقد علمت ان اختلاف منظر أى كوكب كالشمس مثلاً هو الزاوية التي رأسها في مركز الشمس وضلعاهما منتهيان بطرفي نصف قطر الأرض وبعد الشمس عن الأرض كبير جداً حتى ان اختلاف منظرها لا يزيد عن ٩ ثوان قوسية كما رأيت سابقاً بمعنى انه اذا وجد راصداً على سطح الأرض في نقطتين متباعدين عن بعضهما ما بقدر نصف قطر الأرض فلا يصل الفرق بين الوضعين الظاهريين اللذين يشغلهما مركز الشمس بالنسبة لهما على القبة السماوية ٩ ثوان وحينما يراد تقدير ابعاد اجرام المجموعة الشمسية يكون نصف قطر الأرض وحدة صغيرة ويكون كالعدم اذا أريد أخذه وحدة لتقدير ابعاد النجوم ولذلك قد اتخذ الفلكيون وحدة أخرى كبيرة جداً عن نصف قطر الأرض وهي نصف القطر المتوسط لمدار الأرض ومن ذلك اتخذوا قاعدة للقياس خطاطوله ٣٧ مليون فرسخ وهو أكبر من قاعدة اختلاف منظر الشمس بقدر ٢٣٠٠٠ مرة وحيث ان الأرض ترسم كل سنة حول الشمس مداراً نصف قطره ذلك المقدار فينتج انهم في مسافة ستة شهور تشغل وضعين يبعدان عن بعضهما بقدر ٧٤ مليون فرسخ تقريباً ومثل هذا الانتقال يجعلنا نشاهد حركة ظاهرياً لكل نجمة على القبة السماوية





والضوء يصل من الشمس الى الارض في ٨ دقائق و ١٨ ثانية أو ٤٩٨ ثانية فلاجل ان يصل اليها من النجمة التي اختلاف منظرها السنوي ١ يستغرق الزمن

$$٤٩٨ \times ٢٠٦٢٦٥ = ٣,٢٥ \text{ سنين}$$

وهالك جدول باختلاف المنظر السنوي لبعض النجوم وابعادها عن الارض مقدرة بنصف قطر مدار الارض

أسماء النجوم	اختلاف المنظر	ابعاد مقدرة بنصف قطر مدار الارض	مدة سير الضوء
١ من سنطورس ..	٠,٩١	٢١١٣٣٠	٣,٦ سنين
نجمة من الدجاجة ..	٠,٣٥	٥٥٠٩٢٠	٩,٤
الشعرى اليمانية ..	٠,١٥	١٣٧١٠٠٠	٢٢,٠
السماك الراح ...	٠,١٠٦	١٦٢٢٠٠٠	٢٦,٠
النجمة القطبية ...	٠,٠٧٢	٣٠٧٨٦٠٨	٥٠,٠

ويرى من هذا الجدول انه يلزم ٢٢ سنة حتى يصل ضوء الشعرى الينابحيث اذا اختفت هذه النجمة بسبب من الاسباب فلا نزال نراها مدة ٢٢ سنة من لحظة انطفاء نورها

٢٢٥ - الحركة الخاصة بالنجوم - لغاية الآن اعتبرنا ان النجوم ثابتة على القبة السماوية وان الحركات التي شاهدناها وجودها ماهي الا حركات ظاهريه منسوبة للحركة الحقيقية للارض في فلكها أو الى اجتماع سرعة الكرة الارضية مع سرعة الضوء المسماة (انحراف الضوء)

ولكن البحث الدقيق قد أوصل الفلكيين الى اثبات أن اعداد عظيم من النجوم حركة خاصة لا تتعلق بانحراف الضوء ولا بالاتقالات المنسوبة لاختلاف المنظر وهذا الانتقال السنوي لاى نجمة لا يتجاوز قوسا مقداره ٨ وتنشأ هذه الانتقال المشاهدة من الحركة الحقيقية للنجوم ومن تحرك المجموعة الشمسية أيضا التي سرعتها ٨ كيلومتر في الثانية تقريبا

٢٢٦ - الحركة الخاصة بالمجموعة الشمسية - بعد اجاث عديدة توصل الفلكيون الى ان المجموعة الشمسية تتحرك وان حركتها في الفراغ تتجه نحو نقطة من القبة السماوية

موضوعة على الخط المستقيم الواصل بين النجمتين  $\gamma$  و  $\delta$  من صورة الجاني على ركبتيه على ربع البعد الظاهري بينهما بالابتداء من النجمة  $\gamma$  والشمس وجميع الاجسام المتعلقة بها تتقدم كل سنة على الاتجاه المذكور بسرعة تساوى نصف قطر مدار الارض ١٦٢٣ مرة اى ٢٤٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر

ومن الحركة الخاصة للنجوم والحركة التقدمية للمجموعة الشمسية لا بد أن يتغير على طول الزمن منظر القبة السماوية وأشكال الصور السماوية لكن يلزم مضي كثير من القرون حتى يحس هذا التغير

٢٢٧ - النجوم المتغيرة الدورية - الوقية - الجديدة - يوجد عدد من النجوم لا يحفظ ضوءها شدة واحدة دائماً بل يتغير هذا الضوء تارة بالزيادة وأخرى بالنقص بحيث ان النجمة الواحدة تمر على جملة اقدار مختلفة وتسمى هذه بالنجوم المتغيرة

٢٢٨ - النجوم المتغيرة الدورية - بالبحث في هذه التغيرات قد علم الفلكيون ان كثير منها يحصل في اوقات معينة بكيفية واحدة مثلاً النجمة  $\omega$  من القيطس ضوءها في مدة احدى عشر شهراً تعترية التغيرات الآتية وهى انها تلمع كنجمة من القدر الثانى مدة ١٥ يوماً وهو النهاية العظمى لضوئها ثم يتناقص نورها بعد ذلك مدة ثلاثة شهور الى أن تصبح غير منظورة بالكلية وتنزل عن القدر الحادى عشر وتبقى في هذه الحالة خمسة أشهر كاملة ثم تظهر ثانياً بالتدريج و يأخذ ضوءها في الازدياد مدة ثلاثة أشهر الى أن يصير في نهايته العظمى حيث ينتهى دورها

وهذه التغيرات الدورية التى عرفت من منذأواخر القرن السادس عشر قد اعطت لهذه النجمة اسم « العجيبة » والنجمة المسماة بالغول من صورة برشاوش دورها قصير جداً فانها تكون من القدر الثانى مدة ٣٣ ١٣ ٤ ثم تناقص بغمّة وفي ثلاث ساعات ونصف تنزل الى القدر الرابع ثم يزداد ضوءها ثانياً ويصل نهايته العظمى في ثلاث ساعات ونصف وجميع مدة الدور ٤٩ ٢١ ٢

وبعض النجوم ذات دور مدته جملة سنين وبعضها لا يعلم له دور اما لسبب عدم انتظام الدور أو ان مدة التغيرات عظيمة لا تسمح لهم بتعيين مدة الدور

وقد بحثوا كثيراً في ايضاح سبب تغير ضوء النجوم الدورية فقالوا ان اجساماً مظلمة معتمة وهى توابع هذه النجوم تأتى في كل دورة وتتوسط بين الكوكب والارض وتستتر عننا ضوءها وبعضهم قال ان النجوم ذات أوجه ليست واحدة النورانية وبدورانها حول نفسها توجّه نحونا



هذه الواجهة على التعاقب وأخيراً شبه بعض الفلكيين النجوم بالشمس التي سطحها يغطي أحياناً بكلفات تنقص ضوءاًها ويظهر أن عدد الكلفات المذكورة تابع لدور معالوم وبهذا الفرض يكون تغير ضوء النجوم المتغيرة منسوباً لامتداد السطح وعدد أجزائه المغطاة بالكلفات المظلمة التي تستر الكوكب بأكمله في بعض الأحوال

٢٢٩ - النجوم الوقتية - النجوم الجديدة - في أوقات مختلفة قد ظهرت بغتة نجوم في محلات من السماء لم يرفها نجوم من قبل ففي النجمة المشهورة التي رصدها سنة ١٥٧٢ الفلكي (تيخو براهي) حيث ظهرت بغتة له في وسط صورة ذات الكرسي وكان ضوءها أولاً يفوق أضواء نجوم السماء وهي الشعري والنسر الواقع والمشتري ثم تناقص ضوءها شيئاً فشيئاً ما راعى التوالى بجميع اقدار النجوم التي ترى بالعين العارية لغاية سنة ١٥٧٤ حيث اختفت بعد أن مكثت تلع ١٧ شهراً وكان لها جميع صفات النجوم الثابتة كاللؤلؤ بشدة والحركة الخاصة واختلاف المنظر وكانت معروفة عند الفلكيين باسم «الحاجة» وكان لونهم يتغير كضوئها فكانت بيضاء أولاً ثم صارت صفراء ثم حمراء ثم رجعت بيضاء قبل أن تختفي ثم لم تنظر بعد

وفي سنة ١٦٠٤ ظهرت نجمة أخرى شهيرة في صورة الحية وكان ضوءها أقل من ضوء نجمة سنة ١٥٧٢ لكنها ذات لمعان شديد لم ترفى النهار كالنجمة الأولى وبقيت منظورة ١٨ شهراً ثم اختفت وكان ضوءها يتناقص في ظرف هذه المدة وغير ذلك من مثل هذه النجوم كثير

وفي سنة ١٨٤٨ ظهرت نجمة جديدة في القدر الخامس في صورة الحية وفي سنة ١٨٦٦ ظهرت بغتة نجمة جديدة في صورة الأكليل الشمالي كان ضوءها كلوأة ثم ضعف شيئاً وصارت لا ترى بالعين العارية لكنها ما زالت ترى بالنظارات

وبعكس ذلك اختفت بعض النجوم التي كانت منظورة في السماء دائماً والفروضات التي اجريت بشأن ذلك الآن مشكوك فيها

٣٣٠ - النجوم المزدوجة - المضاعفة - بعض النجوم التي يظهر للعين العارية أنها مفردة ترى مزدوجة إذا نظرت إليها بنظارات عظيمة أعني أنها تظهر عبارة عن اجتماع نجمتين قريبتين جداً من بعضهما ضوءهما ليس واحداً وأحياناً لونهما مختلف ويمكن أيضاً هذه الحالة بكيفيتين وهما إما أن ذلك ناشئ من تأثير المنظور لانه وإن كانت النجمتان متباعدتين لكن الزاوية المتكوّنة بين الشعاعين البصريين الواصلين لهما صغيرة جداً وإما أن تكون النجمتان

قريبتين من بعضهما حقيقة ففي الحالة الاولى يقال ان النجمتين مكوّنتان زوجاً نظرياً وفي الحالة الثانية زوجاً طبيعياً وقد عد من هذه الجمل اغاية الآن ٧٠٠ مثلاً يوجد في صورة الدجاجة نجمة مكوّنة من نجمتين متساويتين تقريباً بعدهما الزاوى قدره ١٦ تقريباً ومدة دورتهما ٤٥٤ سنة . وفي صورة الدب الاكبر توجد نجمة مركبة من نجمتين احدهما من القدر السابع والاخرى كذلك ومدة الدورة ٦١ سنة وغير ذلك ومدارات النجوم المزدوجة ناقصية في الغالب ويعلم أيضاً بعض مجموعات مركبة من ثلاثة أو أربعة شمس تسمى نجوم ماضعة فتمت النجمة من الجبار مركبة من ست شمس

## الفصل الثاني

### القنوان والسدام

٣٣١ - القنوان والسدام - بمجرد النظر الى السماء تميز بعض جمل النجوم المركبة لها متقاربة جداً بحيث يرى كثير منها في مساحة صغيرة وتسمى قنوان (القنوان جمع قنو) أو عنقيد وأشهر القنوان هي جملة الثريا الموضوعة في صورة الثور وهي مركبة من ٨٠ نجمة تقريباً ستة منها ترى بالعين العارية

ومجموعة أرجل التوأمين في صورة الثور أيضاً تتركب من نجوم أقل عدداً وأقل انضماماً من نجوم الثريا . ويرى بالعين العارية جملتان أخريان احدهما في السرطان والاخرى في برشاوش والنجوم المكوّنة لهما لا يمكن رؤيتها إلا بمساعدة النظارات

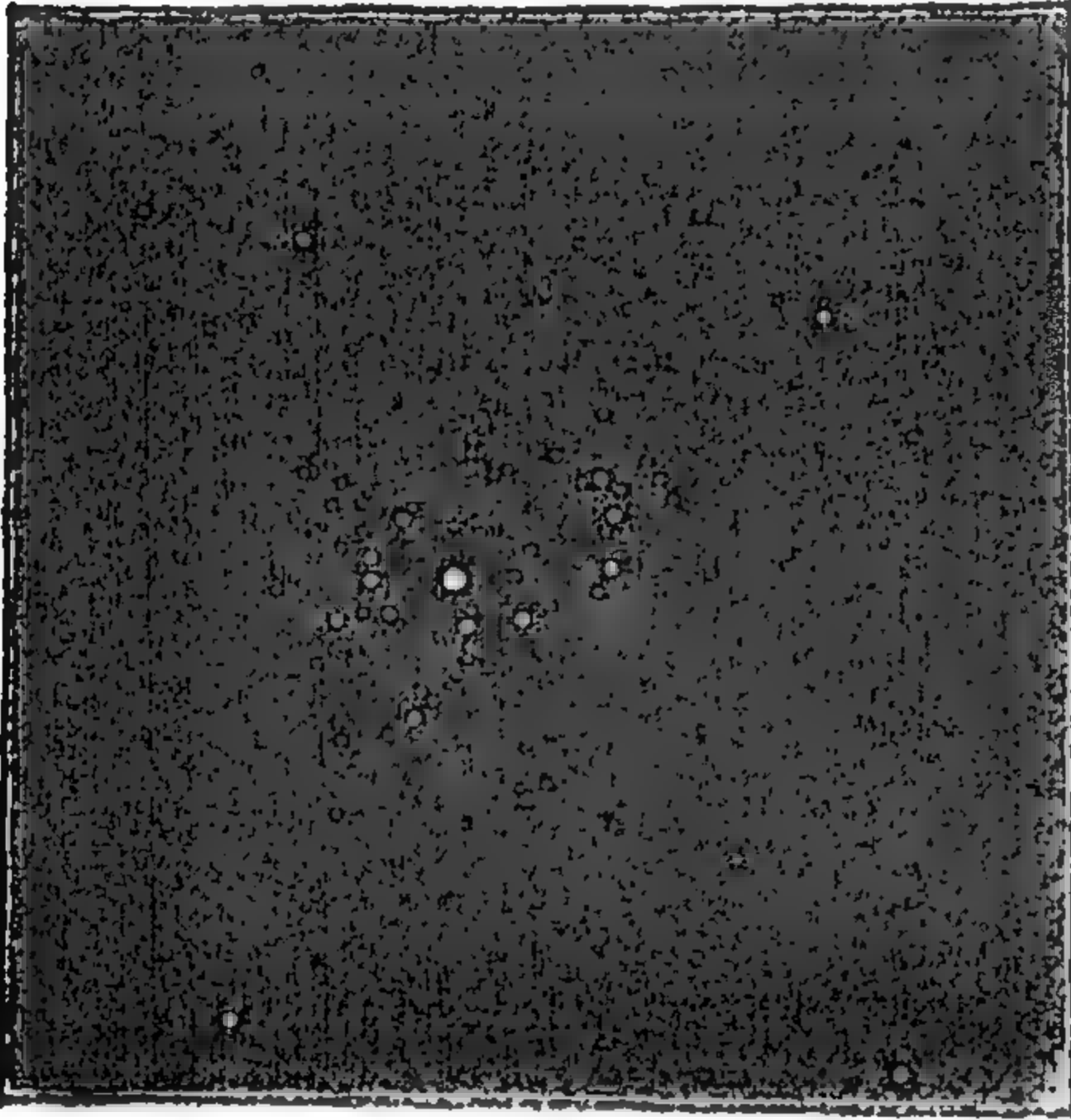
وتظهر هذه الجمل لضعفاء البصر على هيئة سحببات مستنيرة وعلى ذلك فالسماء ممتلئة بجملة من السحببات التي لا يمكن النظر المتوسط ان يميز نجمة ما من احدها وتسمى سداما والمعلوم منها يبلغ ٥٠٠٠ فالسدام جمع سديم وهو الضباب الرقيق وفي اصطلاح الفلكيين نجوم صغيرة القدر جداً متقاربة حتى ترى مثل سحابة أو ضباب أو قطعة نيرة سحابة لا تحل الى نجوم مفردة بالنظارات القوية أو ما تحقق بالاسبكترسكوب انها مجتمعات غاز حام الى درجة الانارة وقد انقسمت باعتبار ما ذكر الى ثلاثة أقسام

أولاً - قنوان يمكن تحليلها بالنظارات الى جملة نجوم وتسمى مجموعات كوكبية

ثانياً - قنوان يمكن النظارات تحليل جزئ منها الى جملة نجوم

ثالثاً - سدام لا يمكن أقوى النظارات تحليلها

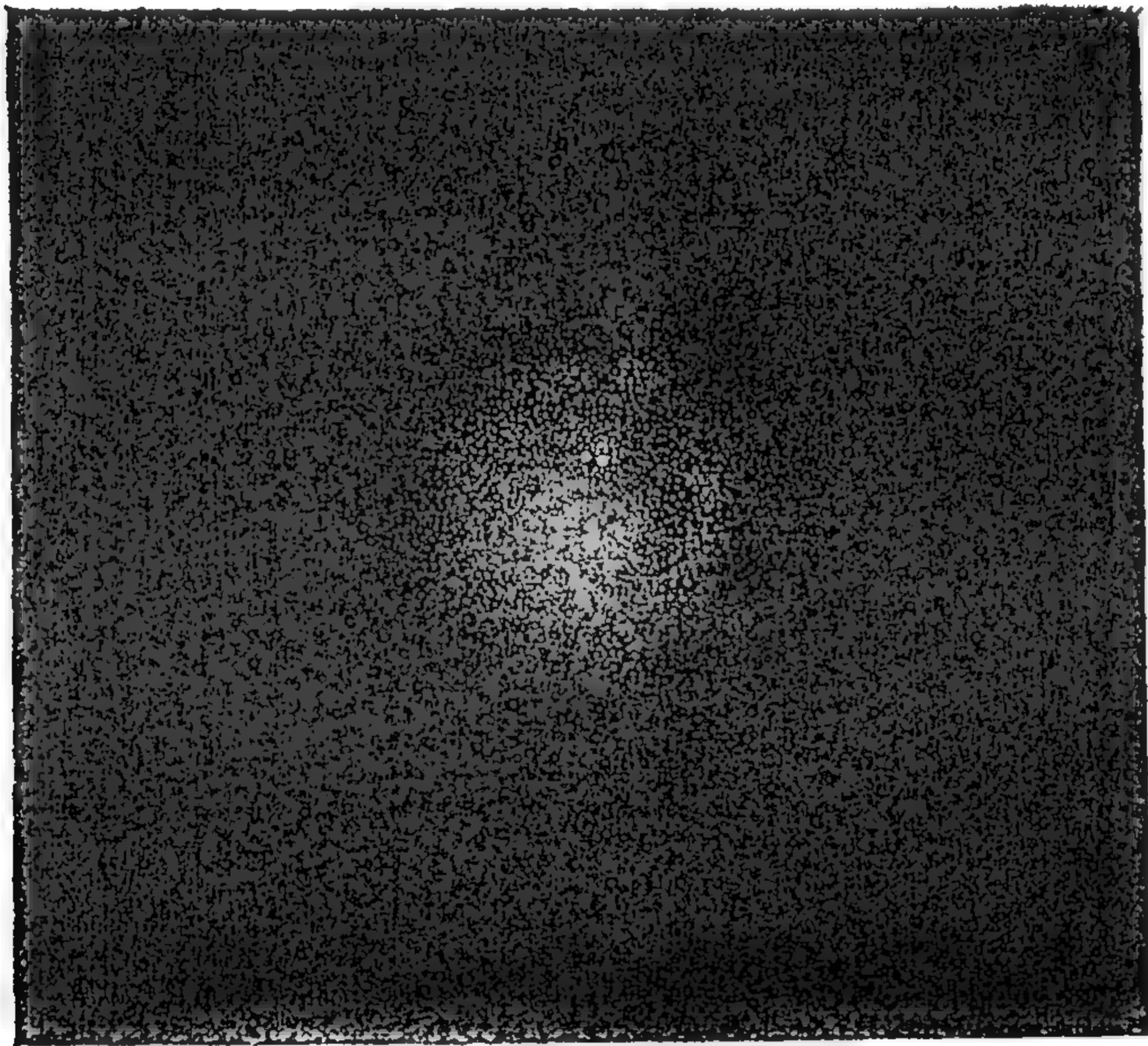
٣٣٣ - المجموعات الكوكبية - تظهر المجموعات الكوكبية بشكل مستدير غالباً



ش ١٠٨

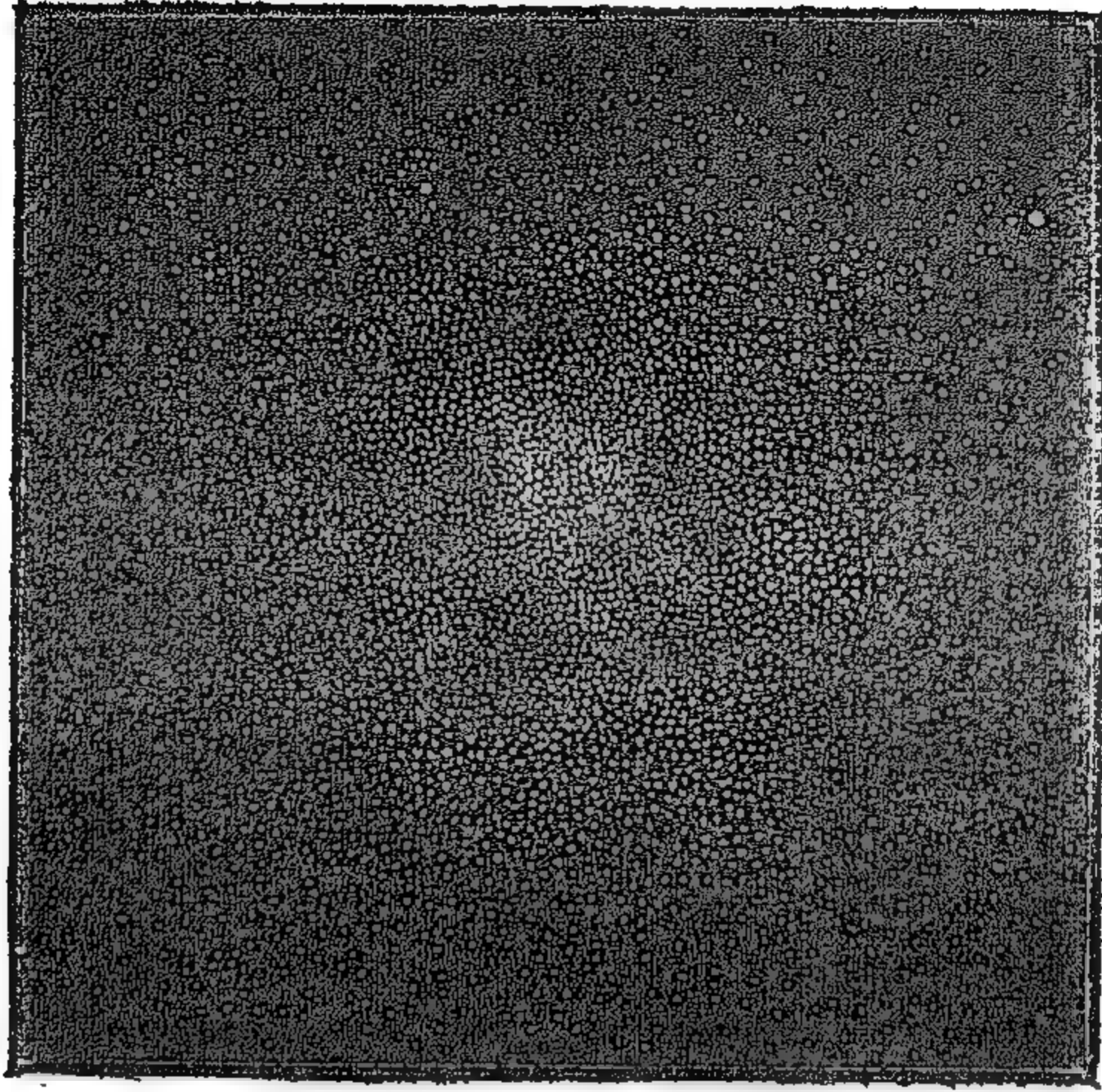
حتى يظن في مبدأ الأمر أنهم من ذوات  
الاذناب ولكن عدم تغير شكلها وعدم  
تحركها يميزها عن ذوات الاذناب .  
والنجوم المتكسرة من المجموعات  
الكوكبية تظهر في جهة المركز أكثر  
عدداً مما في الأطراف (شكل ١٠٨)  
وقد حسب المعلم (هرشل) أن بعض  
هذه المجموعات التي شكلها كروي  
لا تشتمل على أقل من ٥٠٠٠ نجمة  
منظمة إلى بعضها في سعة قطرها  
الظاهري لا يزيد عن عشرة قطرات القمر

وأشهر هذه المجموعات قنوتوكان وهي في السماء الجنوبي وترى دائماً بالعين العارية  
(شكل ١٠٩) والجزء المركزي منها ذلولون أحمر برتقاني فاتح ومثل هذا القنوما هو مبين  
في (شكل ١١٠) و (شكل ١١١)



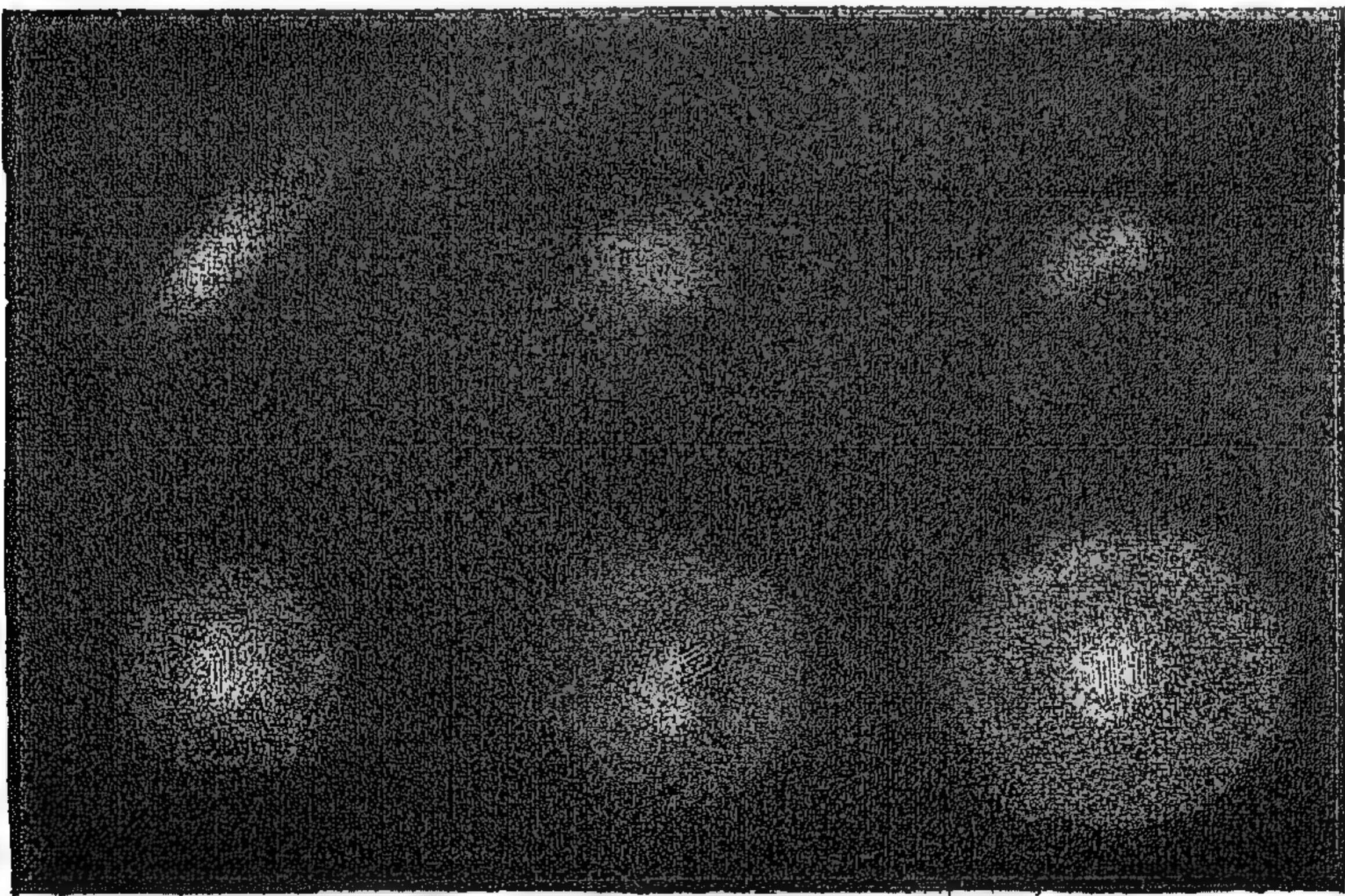
ش ١٠٩ قنوتوكان



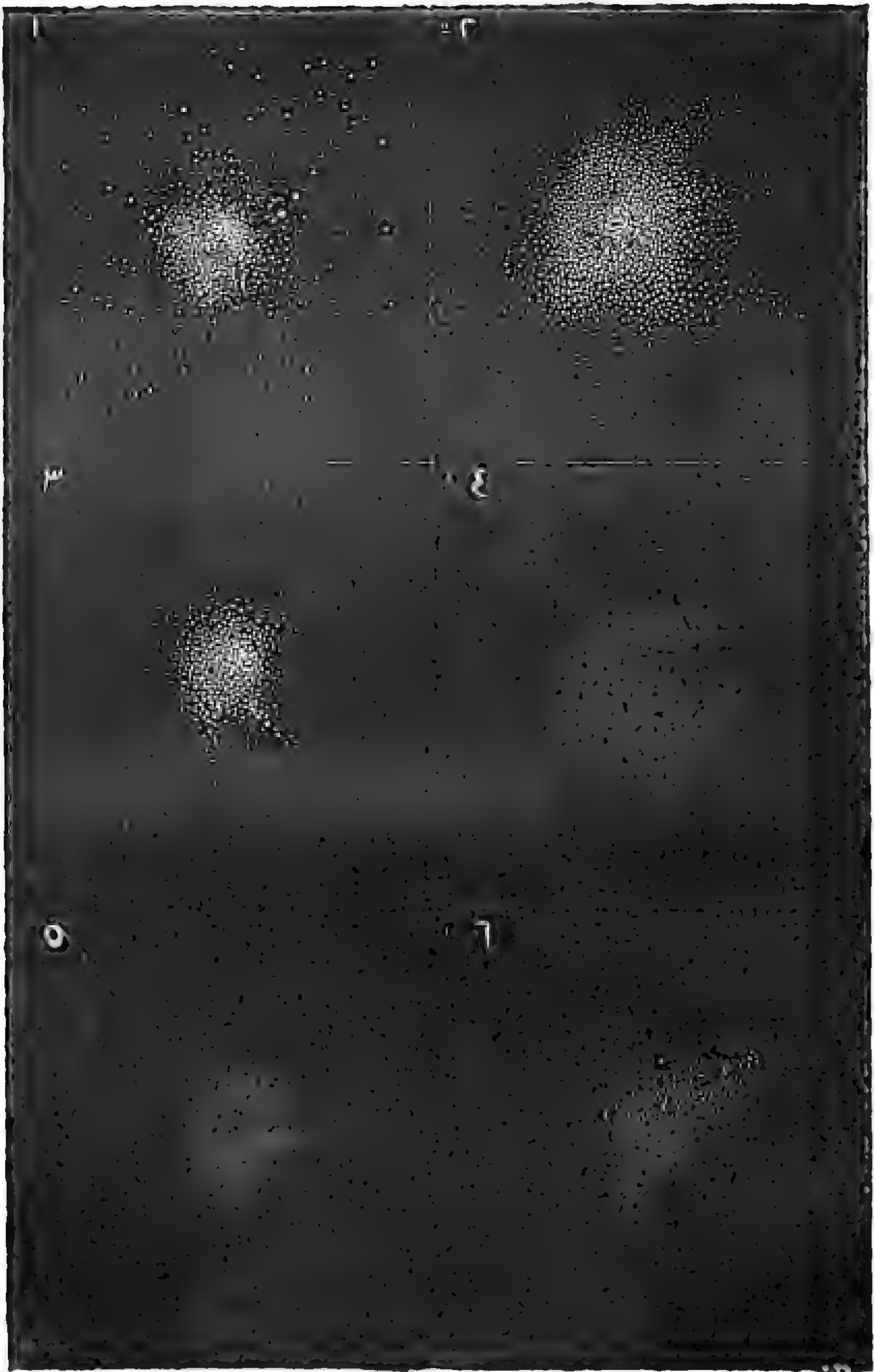


ش ١١١

٣٣٣ - السدام الممكن حلها - السدام التي ينحل جزء منها تظهر في الغالب على شكل منتظم قليلاً وكثيراً ولا شك في أن هذه المجموعات هي من المجموعات الكوكبية غير أنها موضوعة بعيداً جداً أو أنها من كبة من نجوم صغيرة جداً يمكن تحايلها بالنظارات وبعض السدام ذات الشكل المنتظم مستديرو وبعضها بيضاوي وبعضها ناقص مطاول جداً يقرب من المستقيم (شكل ١١٢) وبعض السدام البيضاوي حلقى كما يرى في (شكل ١١٣) وأحياناً ترى نجوم على نفس الحلقة م



ش ١١٢

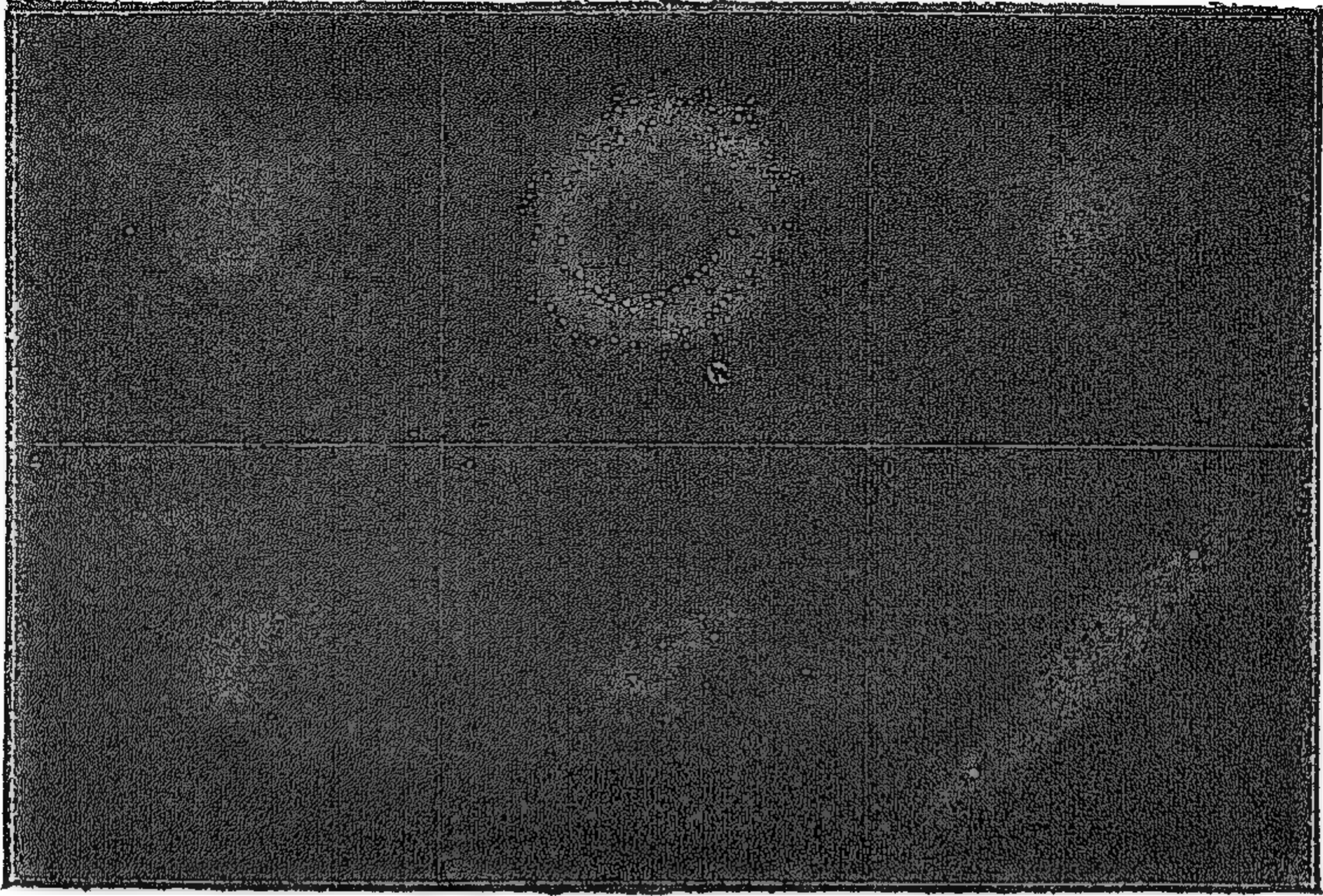


س ١١٠

١ من الميزان - ٢ من الجاني على ركبتيه - ٣ من المجدى - ٤ من الدلو - ٥ من الحية - ٦ من الجوزا





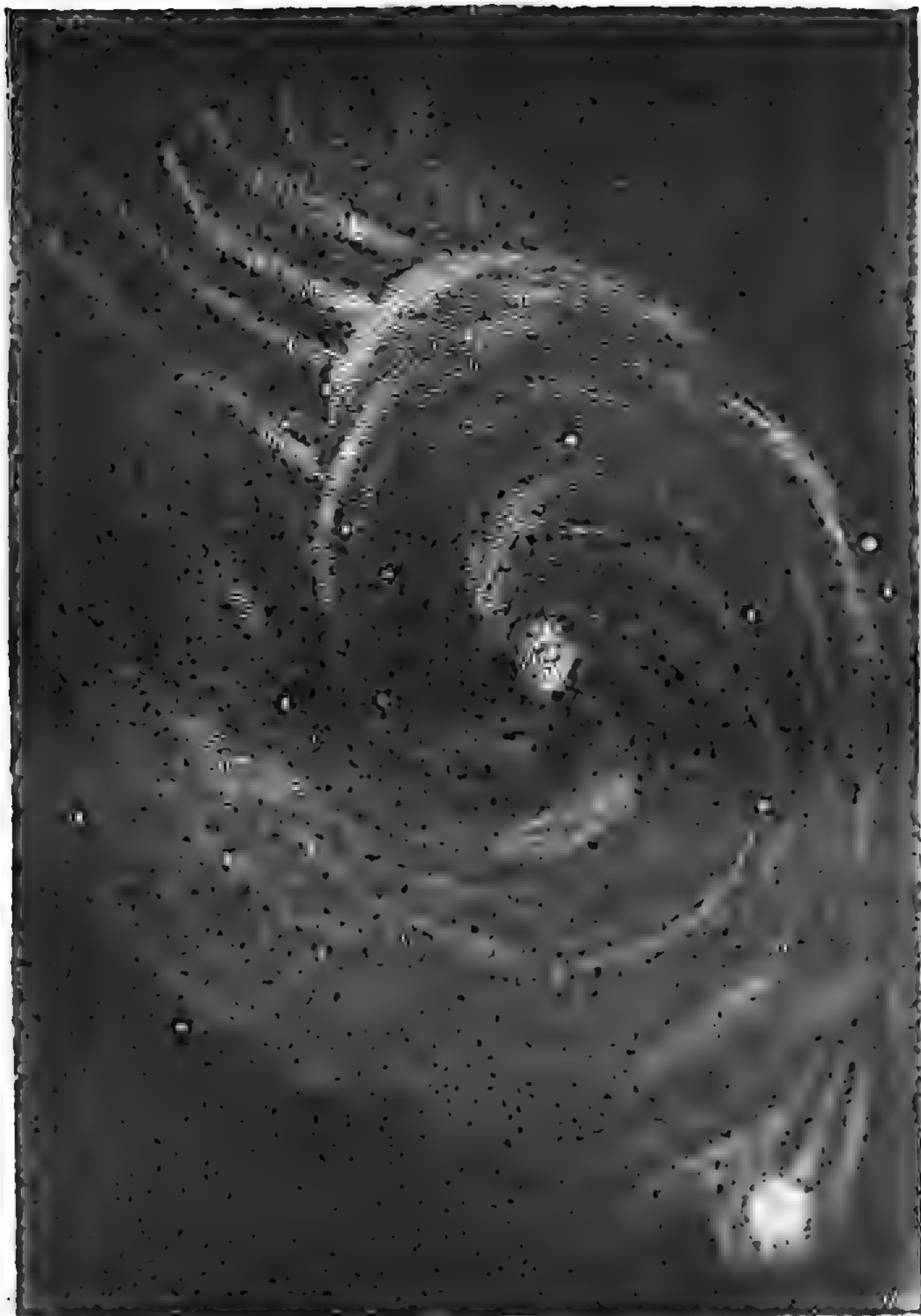


ش ١١٣

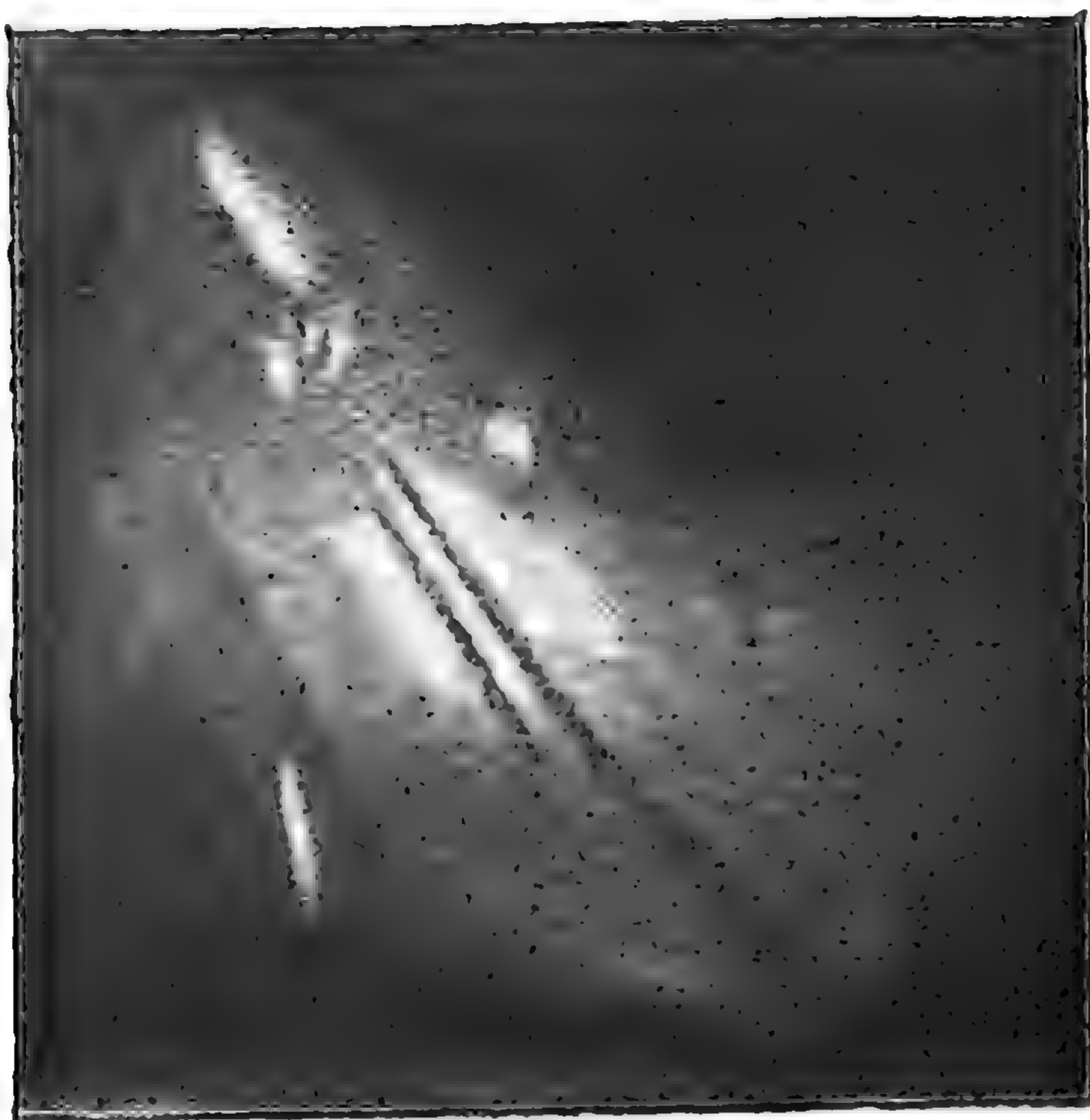
ومن ضمن السحابات المنتظمة ما شكله مخروطي أو كشكل ذات الذنب  
ويمكن أن يكون انتظام الشكل مترتباً على قوة الالة بحيث أن الانتظام لا يكون الا ظاهرياً فعلى  
رأى (هرشل) تظهر سحابة كلب الصيد مثلاً على شكل حلقة مضاعفة في نصف دائرها  
وفي وسط الحلقة توجد سحابة لامعة جداً وخارجاً عن الحلقة على بعد منها توجد سحابة صغيرة  
مستديرة (شكل ١١٤)

٣٣٤ - السدام الغير المحولة ذات الشكل غير المنتظم - توجد سدام لا يمكن  
أقوى الآلات حلها وهي سدام الرتبة الثالثة وهذه السحابات تظهر عموماً بشكل غير  
منتظم وذلك كسديم المرأة المسلسلة (شكل ١١٥) والسديم الحلقي الناقص للاسد  
(شكل ١١٦)

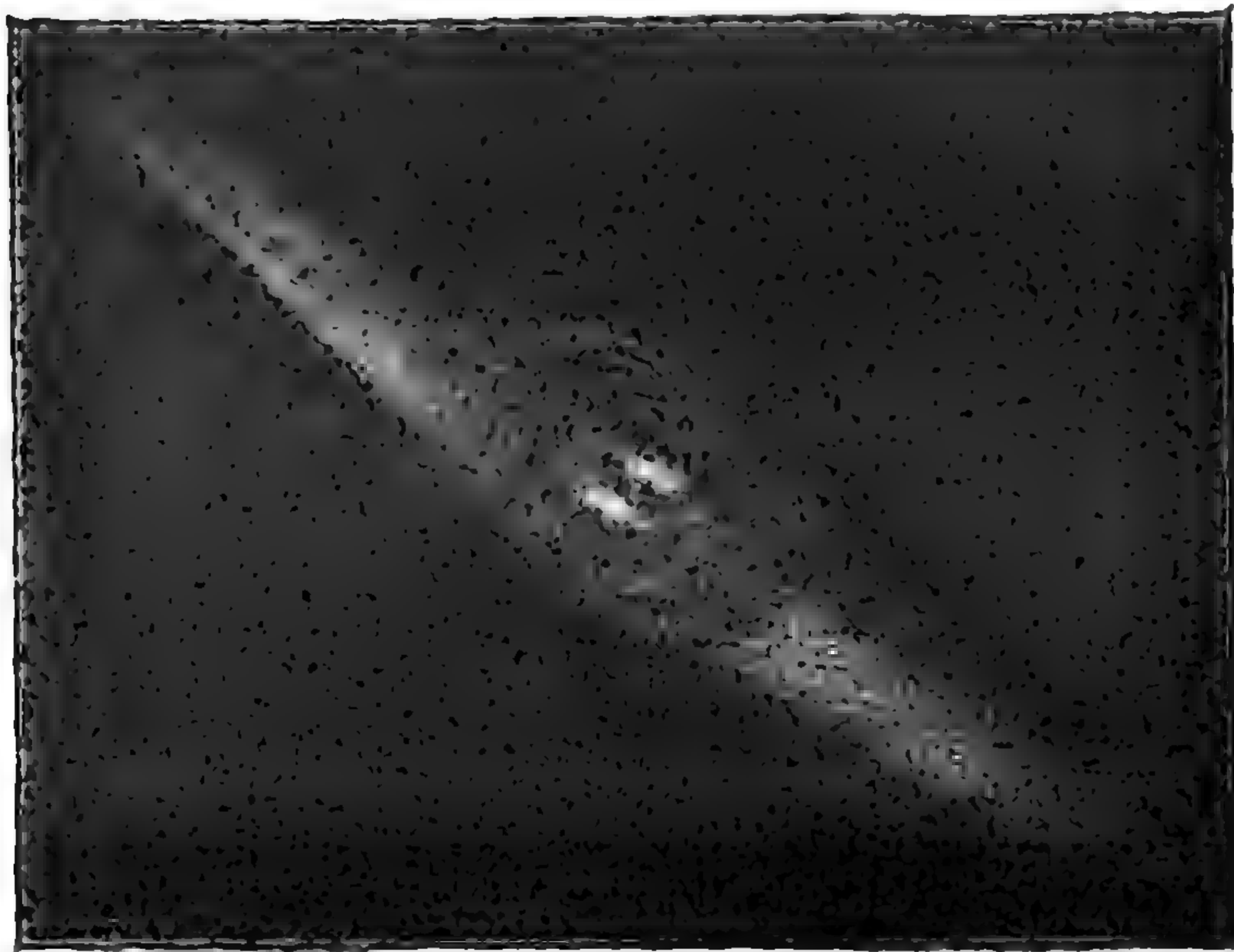
٣٣٥ - السدام السيارية - النجوم السدامية - يرى في السماء أيضاً سدام  
تظهر بمنظر قرص جميع سطحه مستضي بالتساوي حتى يظن انها مجموعات كوكبية مبططة  
ترى لنا بوجهها وسميت سداما سيارية . وبعض الاحيان يشاهد في قلب السديم نجمة أو جلة  
نجوم تمتاز بانفصالها عن افاذا لم يوجد سوى نجمة واحدة فانها توجد في مركز السديم ومتى  
وجد أكثر من نجمة فانها تكون موضوعة بالتماثل على سطح القرص وتسمى هذه نجوم  
سدامية (شكل ١١٧)



ش ۱۱۴ - دیم کاب الدید



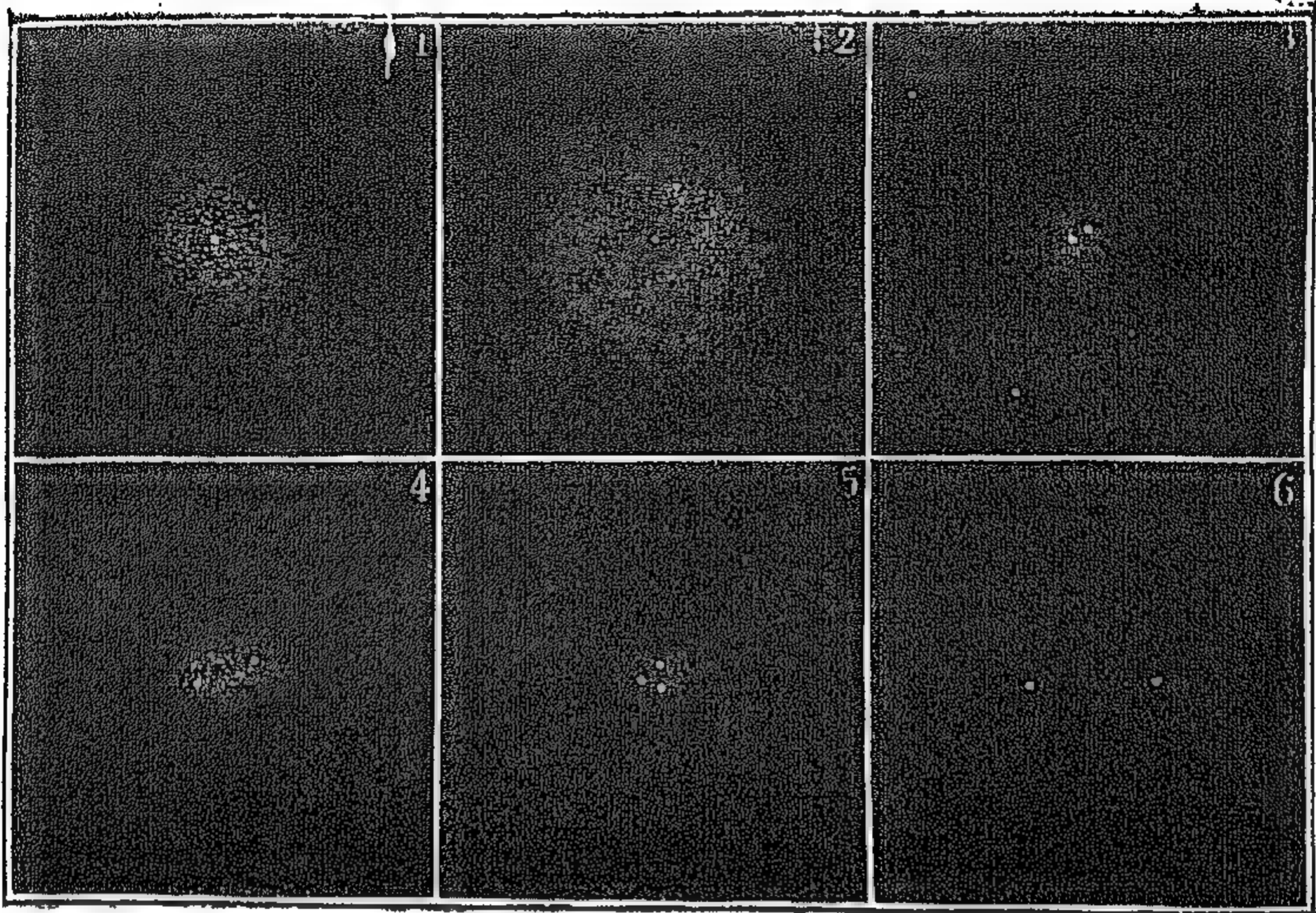
ش ١١٥ سديم المرأة المسلسلة



ش ١١٦ سديم الاسد







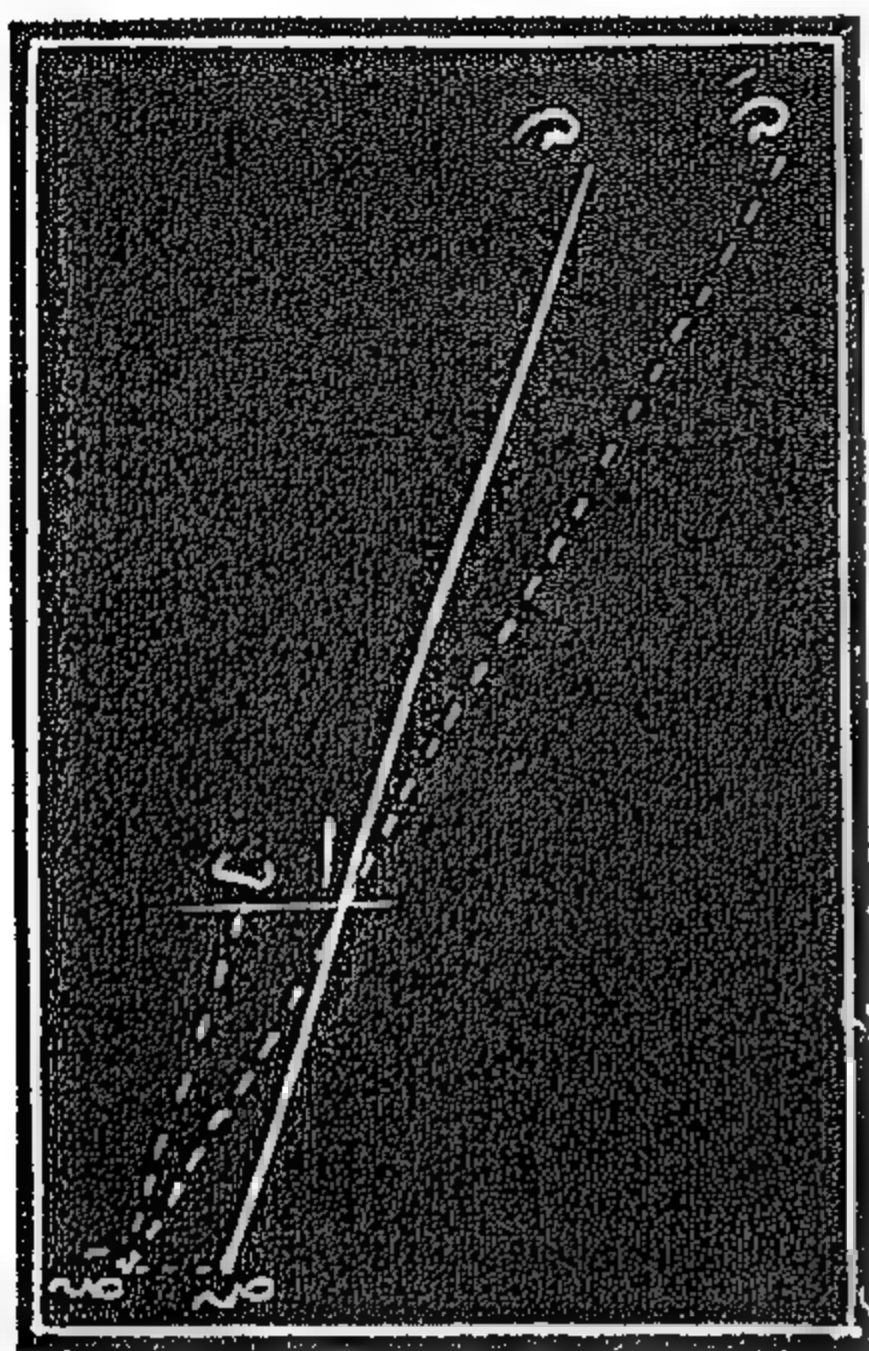
ش ١١٧

والمتمفق عليه اليوم هو أن السدام السيارية والنجوم السدامية مكونة من تجمع مادة منتظمة جدا ومضيئة بنفسها وربما وجب نسبة هذا التركيب ذاته الى بعض السدام السماوية التي ما قدرت أن تحللها أقوى الآلات الى نجوم لغاية يومنا هذا

٢٣٦ - طريق التبانة او المجرة - يسمى بهذا الاسم منطقة ضيقة بيضاء غير منتظمة تقسم الكرة السماوية الى قسمين متساويين تقريرا على حسب دائرة عظيمة من الشمال الشرقي الى الجنوب الغربي وعرضها متغير جدا وتتفرع الى فرعين يتحدان ثانيا على مسافة ١٥٠ وهذه السحابة الجسمية قد انحلت في بعض أجزائها ولكن أقوى الآلات لم يمكنها أن تحللها في جلة أجزاء أخرى منها وعلى رأى المعلم (وليم هرشل) عدد النجوم التي تشتمل المجرة عليها لا يقل عن ١٨ مليون نجمة وكل نجمة من هذه النجوم مأخوذة على انفرادها تصير صغيرة جدا لا ترى بالعين العارية لكن اجتماع هذه النجوم منضما بعضها الى بعض يكون ضوءا لينا يري في الليالى الخالية من القمر وعندما يكون الجو صافيا

ويتراى ان المجموعة الشمسية كائنة في المجرة وانها مكونة لجزء منها والمجرة تتجه على حسب دائرة عظيمة من الكرة السماوية فهي منطقة قطبها الشمالى يقرب من صورة أم الشعور والجنوبي في صورة القيطس فتى ابتعد عن هذين القطبين يأخذ عدد النجوم في الازدياد أولا ببطء ثم بسرعة عظيمة ومن ذلك قيل ان المجرة هي منطقة النجوم

### ٣٣٧ - انحراف الضوء - الانحراف السنوي للنجوم هو زوغان ظاهري للأشعة



شكل ١١٨

الضوئية التي ترسلها النجوم لنا وهذا الزوغان منسوب لاجتماع حركة الأرض وسرعة الضوء الذي يأتينا من هذه الكواكب ولتكن صـ صـ المسافة التي تقطعها الأرض في زمن قصير جدا و صـ أ المسافة التي تقطعها الأشعة الضوئية لنجمة مثل د في الزمن بعينه فبسبب سرعة الضوء العظيمة يصير صـ أ أكبر من صـ صـ ١٠٠٠٠ مرة تقريبا ويصل إلينا الضوء على حسب اتجاه المحصلة أ صـ الذي يختلف قليلا عن صـ أ وتسمى الزاوية د أ صـ زاوية انحراف الضوء

وانحراف الضوء هو برهان قاطع على حركة الأرض حول الشمس لأن تأثير الحركة اليومية لا يكفي لايضاح هذه الظاهرة ولكن باعتبار تأثير الانتقال تتوافق نتائج الحساب مع نتائج الأرصاد

### ٣٣٨ - أصل وتكوين المجموعة الشمسية - (شكل ١١٩) ينسب إلى الشهير (لابلاس) الفرض المعقول الذي وضعه لأصل المجموعة الشمسية وتكوينها ونذكر ملخص هذا الفرض فنقول

انه في مدة سابقة لزماننا بكثير من القرون كانت المجموعة الشمسية بأكملها بل جميع المادة التي تتكوّن منها الآن الجمل المختلفة لهذه المجموعة في حالة غازية محضّة على هيئة سحابة جسمية مستطيلة جدا ولم يكن بها أثر يدل على انها كثيفة (أي ثقيلة) فتكون عناصر السحابة المذكورة في هذه الحالة متباعدة بعضها عن بعض حتى ان القوة الدافعة المتمتعة هذه العناصر بها تطل بالكلية القوة الجاذبة التي تميل لان تضم تلك العناصر بعضها إلى بعض وتصبحها اجلا ثم بانهضاء القرون تبرد السحابة المذكورة شيئا فشيئا بالتشعيع المستديم في الفراغ ويتناقص تأثير القوة الطاردة ويزيد تأثير الجذب شيئا فشيئا فتتكاثف العناصر المختلفة للسحابة المطاولة المذكورة وتتقارب إلى مركز واحد أو إلى جلة مركز

وباستمرار ذلك تول السحابة الشمسية إلى منظر نواية مضيئة يحيط بها على بعد عظيم جو غازي شكله كروي تقريبا (وهو ما تظهر لنا به النجوم السدامية في الفراغ) كما تقدم وذلك ان الفلكيين يعتبرون ان النجوم السدامية لا تتحول إلى نجوم أو انها تموس بسيطة أو زوجية أو مضاعفة تحيط بها سحابة مضيئة بنفسها أو تضئها النجمة المركزية



وكانت الشمس وقت تكونها هذا موجودة وحدها أيضا وكانت السيارات وتوابعها باقية على حالة اختلاط في وسط الحق



ش ١١٩

ثم ان الكتلة بأكملها كانت متمتعة بحركة دوران تجذب معها في جهة واحدة اما عناصر النواة أو عناصر السحابة وانه لما كانت حدود السحابة تتعلق في أي لحظة بالبعد الذي فيه كانت القوة المركزية الطاردة المنسوبة لحركة الدوران متزنة بالقوة المركزية الجاذبة وكانت هذه الحدود تتغير وتقترب من المركز ضرورة بتأثير تبريد مستمر ينتج عنه نقص حجم السحابة فن ثم تترك منطقة من البخار المتكاثف على بعد الحدود الاصلية وبمساحة المثابة يلزم أن يترك الجو السماوي شيئا فشيئا جلة مناطق من البخار تتقارب شيئا فشيئا من المركز وتوجد تقريرا في مستوى خط الاستواء العمومي الذي فيه تكون القوة المركزية الطاردة رابضة بالطبيعة بسبب سرعة الحركة الدورانية

وهذه المناطق هي التي نشأت عنها السيارات المنعزلة أو جل من السيارات والنكواكب لكن لاجل أن تحفظ المناطق المنفصلة من السحابة العمومية شكل حلقة مركزها في مركز الشمس يلزم استمرار الموازنة التامة بين العناصر المختلفة المترتبة منها هذه الحلقات وهذا أمر لا يتأتى حصوله ويلزم ان تنجز الحلقات وبجذب الاجزاء الكبيرة منها الاجزاء الاخرى يتكون

من جديد من كز أو نواة سحابية وهذا يؤدى الى أن كل واحدة منها يلزم أن تكون ذات حركتين  
آيتين احدهما دورانية حول مركزها الخاص بها والاخرى انتقالية حول مركز مشترك  
ومع ذلك فحيث ان هاتين الحركتين لم يكونا الا استمرارا حركة داخلية عمومية فلا بد أن تبقى  
جهتها هي الحركة الدورانية للمجموعة أو للنواة الشمسية  
ومتى تقررتكوين السيارات يفهم جيدا كيف تحدث هذه السحابيات الجزئية المشابهة  
للسحابة الاصلية تولد أجسام جديدة تنجذب وتدور حول كل منها وهذه هي كيفية تولد التوابع  
وقد أوضح (لاپلاس) أيضا سبب كون التوابع لم تكون توابع جديدة وسبب كون هذه  
الأجسام الثانوية أنما توجه وجهها واحدا نحو السيارة التي تنجذب حوله فقال  
حيث ان تأثير الجذب يزداد تبعا لصغر البعد وان الكرات المركبة للتوابع ما زالت في حالة سيولة  
فيلزم أن تستطيل نحو مركز السيارة ويكون لحركة دورانها مدة متحدة تقريبا بعدة حركتها  
الانتقالية وبعد عدد ما من الرجات تصير هذه المدد متساوية بالضبط  
وأقول (لاپلاس) هذه هي مطابقة للقوانين الميكانيكية وللارصاد الفلكية والتأثيرات  
الطبيعية

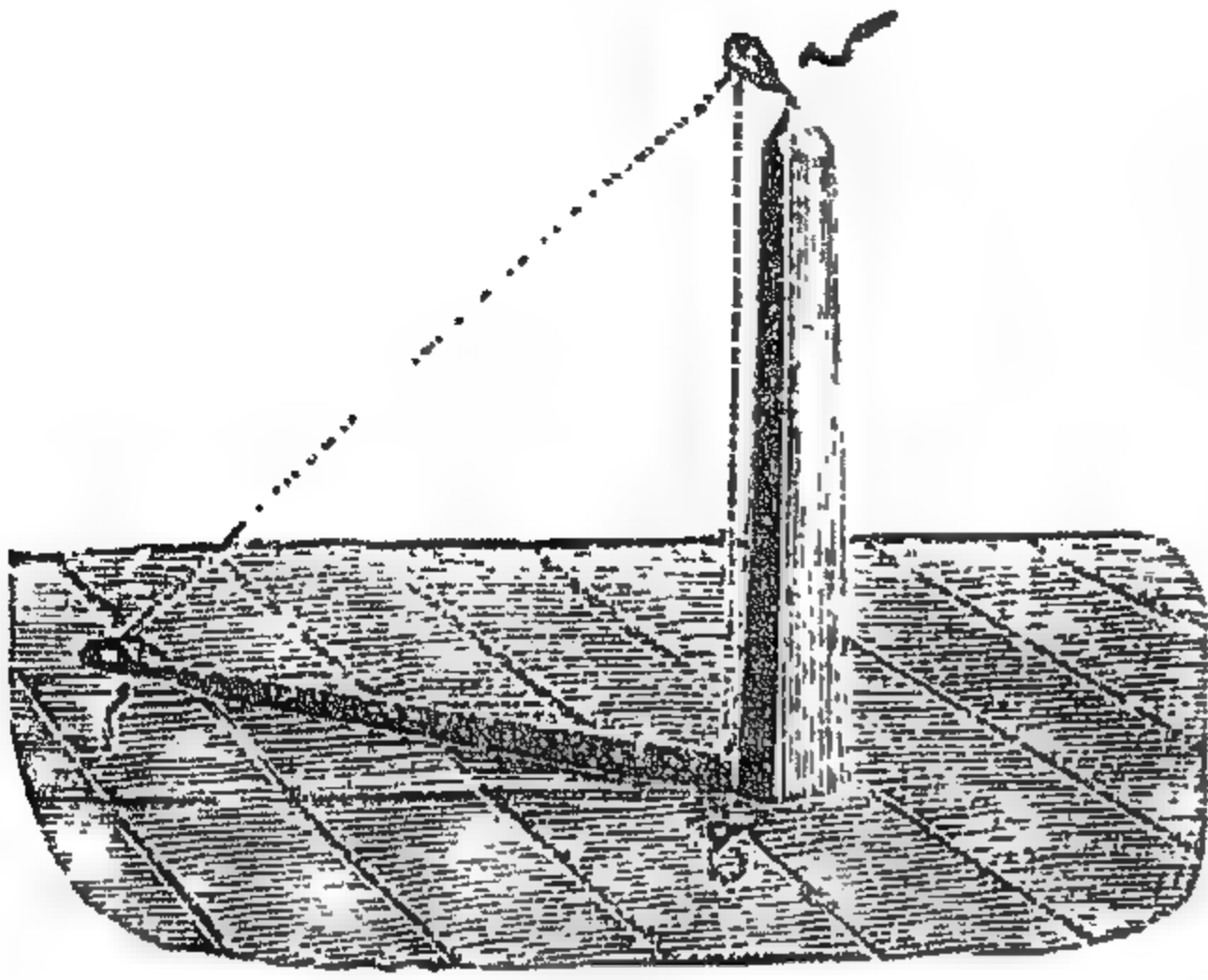
## الفصل الثالث

### المزاول والشواخص

٣٣٩ - معرفة الاوقات - لمعرفة الاوقات تستعمل آلات تسمى ساعات وهي الآلات  
المعروفة التي توضع عادة في الجيب أو تعلق على الحائط وتبين الساعات النجمية والساعات  
الشمسية الوسطية وأما الساعات الشمسية الحقيقية فلا يمكن بيانها بالضبط بهذه الآلات  
بل تستعمل آلات أخرى تسمى مزاول وهي مشهورة من قديم الزمان وهي كالشواخص تعطى  
الساعة بواسطة الظلال المسقوطة من محور ثابت على مستوى

وعمل مزولة يقتضى قبل كل شئ تخطيط خط زوال المحل الذي فيه يصير تركيب المزولة وقد علم  
فيما تقدم تعيين ذلك الخط فاما الشاخص الذي كان مستعملا عند الاقدمين فلم يكن في الاصل  
سوى الجهاز الذي رأيناه يستعمل لتخطيط خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية وكان الساق  
البسيط معوضا بمسلة عظيمة قائمة في محل مكشوف تنتهى من اعلى بكرة أو بشكل آخر حيثما  
اتفق وظل هذه الكرة هو الذى كانت تعلم أوضاعه المتواليمة والافضل من الكرة هو الارص  
المثقوب بثقب صغير

٣٤٠ - ارتفاع الشمس - ميل الدائرة الكسوفية - فالشواخص تستعمل في الأصل لقياس ارتفاع الشمس وقت الزوال في الاوقات المختلفة من السنة لانه يتكون من



س ١٢٠

المركز م لصورة الشمس (شكل ١٢٠) ومركز الفتحة س وموقع الرأسى النازل من هذه النقطة الاخيرة على الارض وهى ح ثلاثة رؤس مثلث قائم الزاوية ضلعاه سم ح و م ح معلومان لان الطول م ح يقاس بسهولة في اليوم الحاصل فيه الرصد فتستخرج الزاوية سم ح أعنى الارتفاع الزاوى للشمس فوق الافق

وبهذه الطريقة قد عين الفلكيون الاول ميل الدائرة الكسوفية وذلك انهم قاسوا بواسطة الشاخص أعظم ارتفاع الشمس في يوم المنقلب الشتوى وأعظم ارتفاع لها في يوم المنقلب الصيفى فنصف فرق هذين الارتفاعين يكون هو الزاوية الواقعة بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعدل

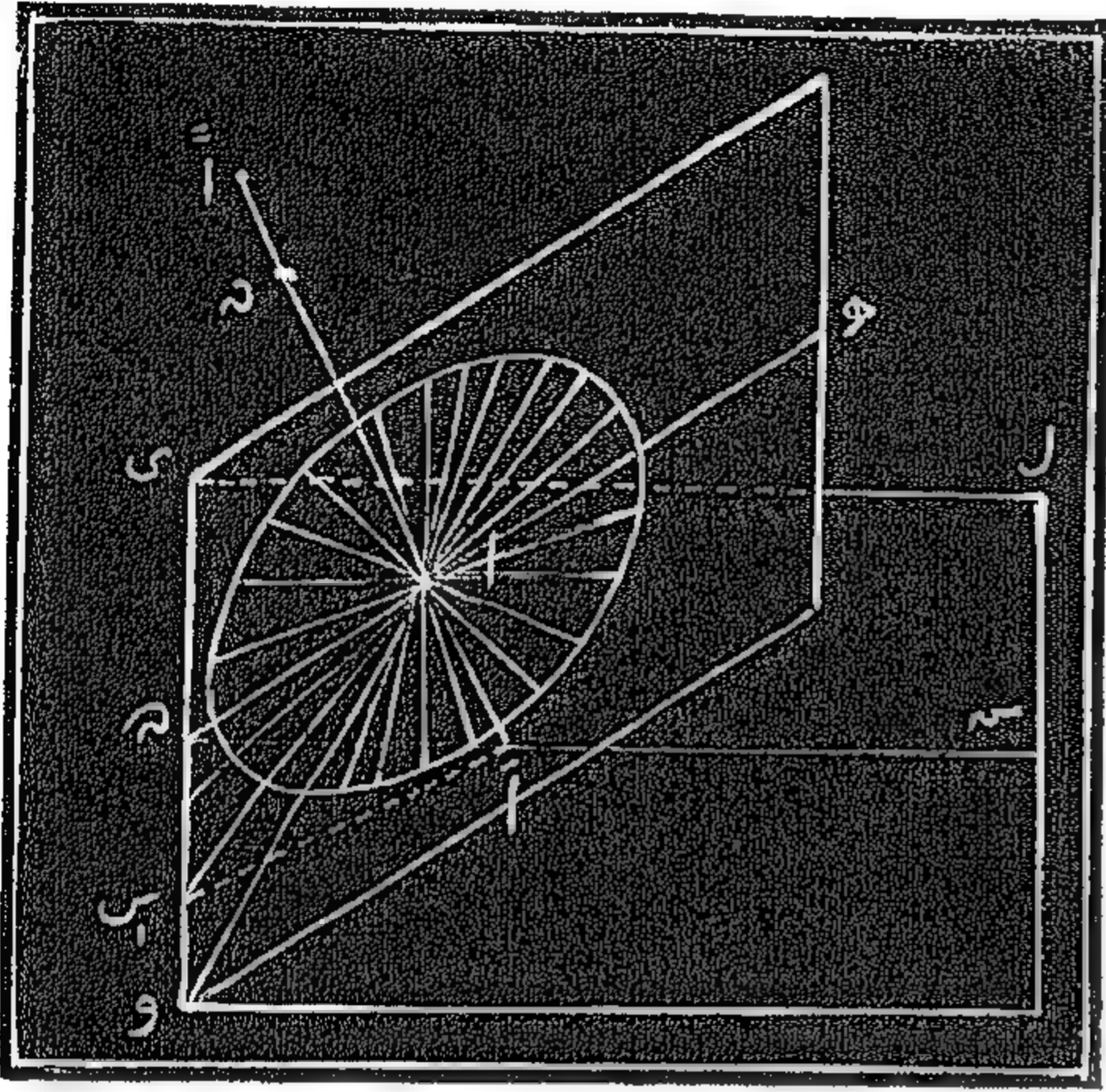
٣٤١ - المزاول - تتركب المزاول من مستويين ثبت عليه شاخص مواز لمحور العالم يدل وضع ظله على الزمن الحقيقى . ولما كانت الشمس ترسم كل يوم موازيا مماويا في نصف الكرة الشمالى أو فى نصفها الجنوبى فانها تنسير وجهه مستوى دائرة المعدل نحو القطب الشمالى أو الجنوبى فاذا فرضنا ان الموازى المرسوم مقسوم الى ٢٤ جزءا متساوية فكل جزء منها يحتوى على قوس درجه  $\frac{360}{24}$  أو ١٥ ترسمه الشمس في مدة ساعة ومتى مرت الشمس بزوال المحل يكون نصف النهار حقيقى وينطبق ظل الشاخص على مستقيم ما من مستوى دائرة المعدل وبمرورها على دوائر الميل الاخرى المسماة دوائر ساعية ينطبق ظل الشاخص على مستقيمت اخرى من مستوى دائرة المعدل والمستقيمت التى ينطبق عليها ظل الشاخص ما هى الا آثار المستويات الساعية على مستوى دائرة المعدل وبخطيط الاثرات المذكورة تتعين الساعة أو الوقت بانطبق ظل الشاخص عليها

وسنذكر طرق رسم الثلاثة أنواع من المزاول الابطسط ما يكون والاكثر استعجالا وهى المزولة المعتدلة والمزولة الافقية والمزولة الرأسية

٣٤٢ - المزولة المعتدلة - تصور مستويين ثابتين بالتوازى دائرة المعدل فأثره على مستوي



افقى هو خط ي و (شكل ١٢١) العمودى على خط الزوال د ه و يبين نقطتى الشرق



ش ١٢١

والغرب من الافق وأثر مستوى الزوال على ذلك المستوى هو خط د ه العمودى على ي و ويكون مع خط الزوال زاوية تساوى متم عرض البلد

ثم يوضع شاخص فى نقطة أ من المستوى المعلوم يكون عموديا عليه فهذا الشاخص يكون موازيا لمحور العالم ومائل على الافق بزاوية تساوى عرض البلد

ثم نجعل موقع الشاخص من كز او نرسم محيط دائرة ونقسمها بالابتداء من القطر د ه الى ٢٤ جزءا متساوية بانصاف أقطار متباعدة عن بعضها بالتساوى فهذه الانصاف أقطار تكون هى أثرات ٢٤ دائرة ساعية على مستوى مواز لدائرة المعدل وحيث ان الشاخص موجود فى كل مستوى من هذه المستويات الساعية فهو عبارة عن خط تقاطعها المشترك ومتى وجد من كز الشمس فى أحد هذه المستويات الساعية ينطبق ظل الشاخص كذلك على نصف القطر الدال على أثر هذا المستوى الساعى وبذلك يبين وقت لحظة الرصد والخط د ه هو الساعة التى فيها تكون الشمس فى مستوى الزوال أعنى نصف النهار الحقيقى فينمى بمرور ١٢ ساعة بجميع الخطوط الموضوعة غرب ذلك الخط تبين ساعات قبل الظهر والى فى شرقه تبين ساعات بعد الظهر والقطر الافقى بين الساعة السادسة صباحا والساعة السادسة مساء ومن الواضح ان مدة الربيع والصيف توجد الشمس فى نصف الكرة الشمالى وتنير الوجه العلوى من المزولة ومدة الخريف والشتاء تنير الوجه السفلى منها وحينئذ فن الضرورى رسم المزولة على وجهى المستوى وحيث ان الشمس وقت الاعتدالين تكون فى مستوى دائرة المعدل أى فى مستوى المزولة فن اللزوم عمل شقفة أو برور فى نهاية مستوى المزولة لاجل أن ينسقط عليه ظل الشاخص

وتصنع من اول معتدلة شفاقة تسمح برؤية الساعة على وجه واحد من المزولة فى جميع أوقات السنة

٣٤٣ - المزولة الأفقية - نداء الشاخص و أ لغاية المستوى الأفقي في أ وعند الخط أ ب لغاية الأثرى و في س ب ثم نصل أ ب فهذا الخط الأخير هو أثر الدائرة الساعية المبين للساعة عشرة على المستوى الأفقي وظل الشاخص ينطبق حينئذ على الخط أ ب في هذه الساعة وبعملية مشابهة يتحصل على الأثرات الأفقية للدوائر الساعية الأخرى واجتماعها يكون المزولة الأفقية التي فيها الشاخص يكون دائماً خط موازيا لخط القطبين والغالب تركيب المزاوول الأفقية على شبك أو على عمدان قصيرة في الجناين وتصنع سهلة النقل لان استعمالها يقتضى سهولة في تركيبها

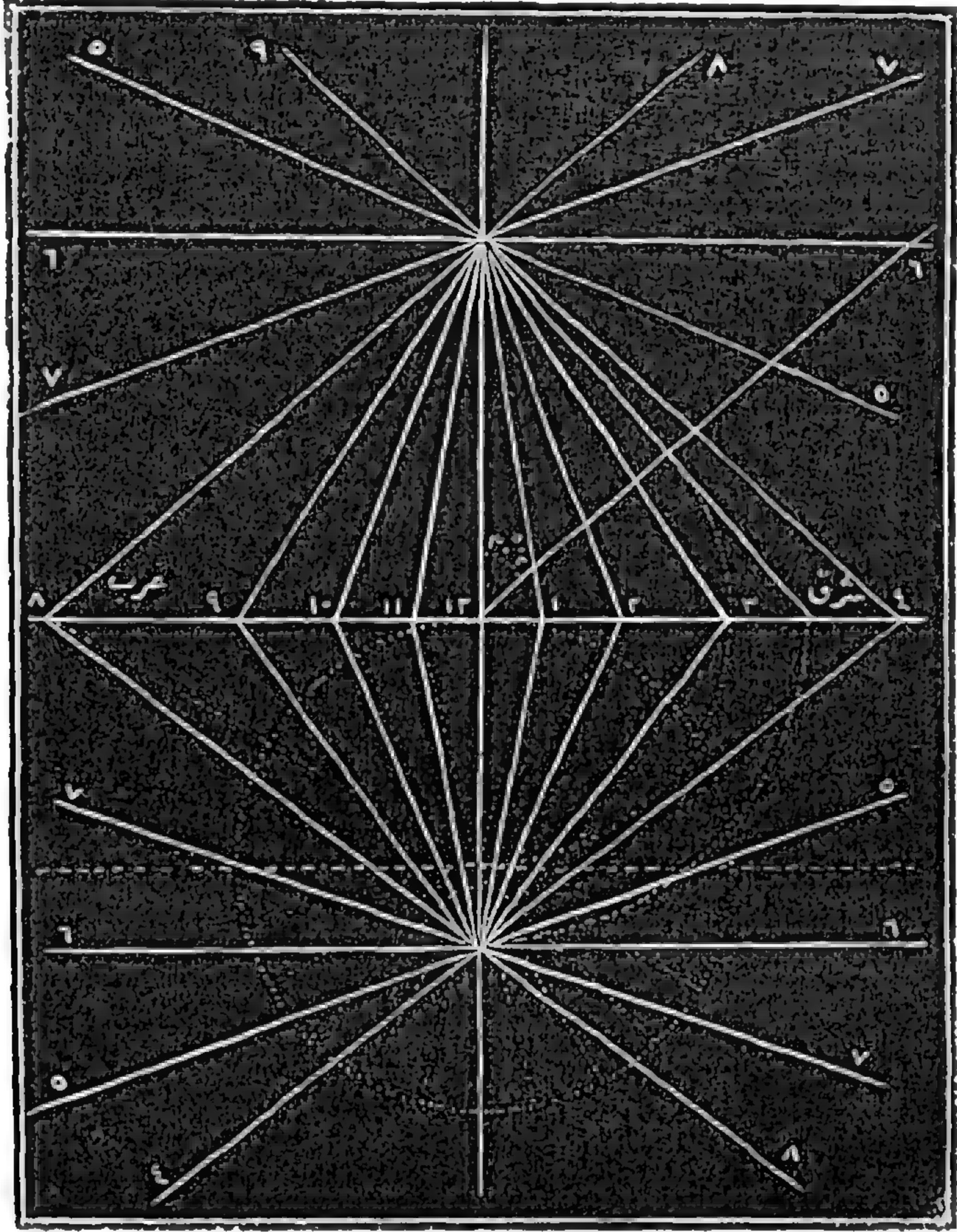
٣٤٤ - المزولة الزوالية الرأسية - اذا امر بالخط وى (شكل ١٢١) مستوى رأسى فان شاخص المزولة المعتدلة يقابل هذا المستوى في نقطة مثل أ اذا وصل منها الى جميع نقط تقابل الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مع وى فان كل واحد من الخطوط المتحصلة بهذه الكيفية يكون في الدائرة الساعية المطابقة بحيث ان ظل الشاخص ينطبق عليه متى وجدت الشمس في هذه الدائرة بالضبط وبهذه الكيفية يتحصل على مزولة رأسية وحيث ان مستويها مار بخط الشرق والغرب ووجهها نحو الجنوب فتكون مزولة زوالية ويرى ان المزولة التي بهذه الصورة لا تعطى الاست ساعات قبل الظهور الى ست بعده وهي كافية لفصل الخريف والشتاء وأما المزولة التي وجهها نحو الشمال فانها تبين مع ذلك الساعات السابقة للساعة السادسة قبل الظهور والساعات اللاحقة للساعة السادسة بعد الظهور في الربيع والصيف

٣٤٥ - المزولة المنحرفة - المزاوول الرأسية ترسم عادة على حيطان المنازل أو حيطان العمارات العمومية ولكن حيث يندر وجود هذه الحيطان في اتجاه عمودى على مستوى الزوال فيرسم عليها إتباع القواعد عينها من اول رأسية تسمى حينئذ منحرفة والمزاوول تبين الساعات المعطاة بالشمس أعنى الزمن الحقيقى فاذا أريد استعمالها لتظيم الساعات الدقاقة وساعات الجيب يلزم تصليح ما بين المزاوول بتعديل الزمن في اليوم الجارى فيه الرصد وبذلك يتحصل على الزمن الوسطى

وفى (شكل ١٢٢) يبين كيفية تخطيط الخطوط الساعية لمزولة أفقية وخطوط الساعية لمزولة رأسية زوالية بناء على مزولة معتدلة مرسومة من قبل وتحل هذه المسئلة بواسطة الهندسة الوصفية فالخطوط المنقطة المرسومة على المستوى الأفقي هي الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مطبقة على المستوى الأفقي وهذه الخطوط تقاطعها



نمط خط الارض تعطى النقط اللازم وصلها مع أثر الشاخص الرأسى أو الافقى للحصول على  
الخطوط الساعية لكل مزولة وأما هذان الاثران فهما اثر الخط يمر بمركز المزولة المعتدلة  
ويصنع مع المستوى الافقى زاوية تساوى عرض البلد



ش ١٢٣ رسم المزاويل الافقية والرأسية





## خاتمة

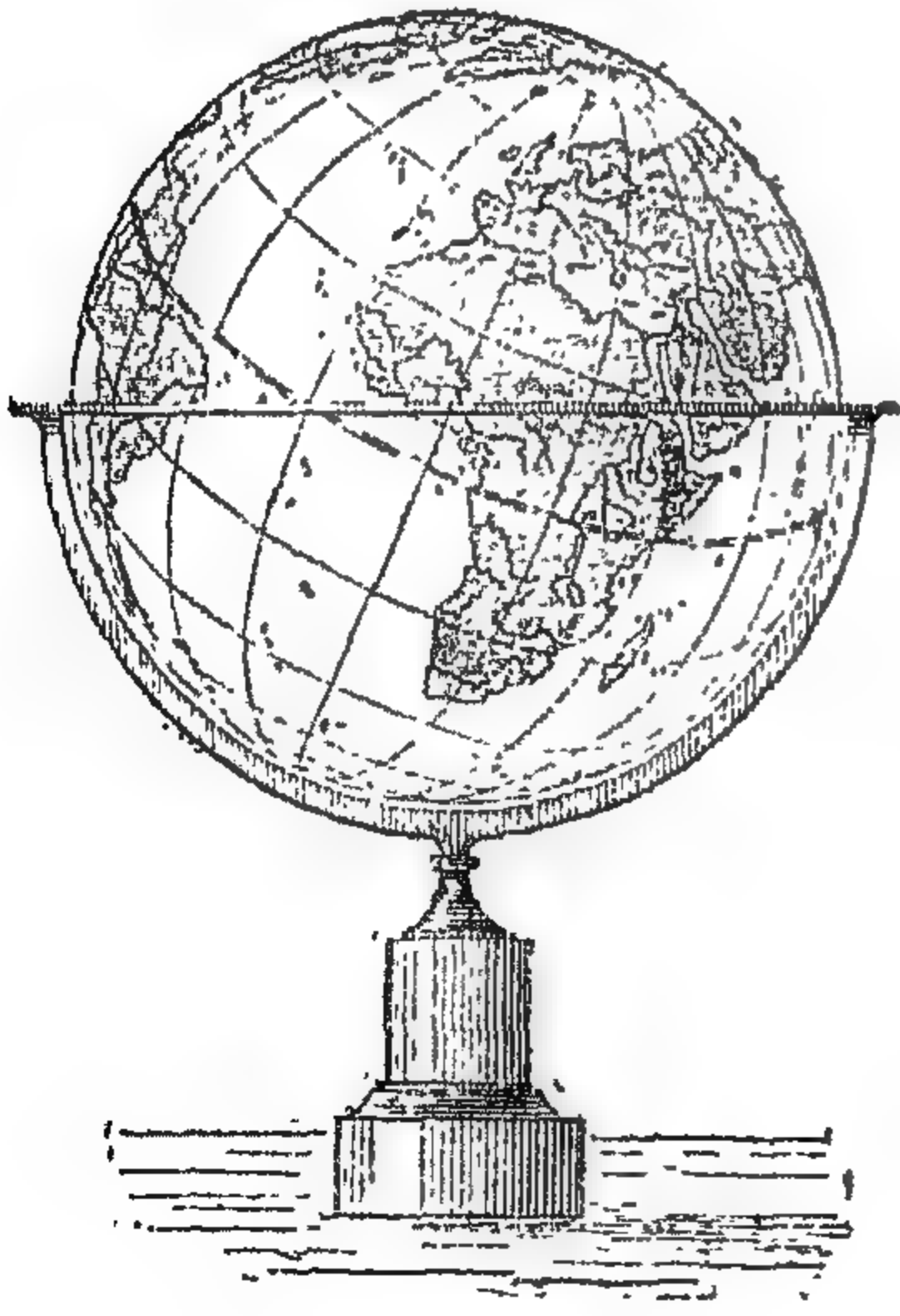
الخريطة الجغرافية

## الفصل الأول

الكرات الصناعية - المسائط

٢٤٦ - الكرات الصناعية والخريطة الجغرافية الأرضية - الطريقة التي يتبين بها سطح الأرض بالضبط هي عمل كرة صناعية ورسم على سطحها خطوط جانبية وموازيات ثم يعلم عليها موضع جميع المحلات التي أطوالها وعروضها معينة بالضبط وبهذه المثابة فإن ضبط حدود القارات وأشكال الممالك ومجاري الأنهر وسلاسل الجبال وغير ذلك لا يتعلق إلا بضبط الأدلة التي استعملت لعمل الرسم (شكل ١٢٣)

ولكن لما كانت الكرات الصناعية بسبب كبرها وثقلها يصعب نقلها أو حملها الزم البحث عن الطرق التي يمكن بها بيان الكرة الأرضية بأكملها أو أجزاء من سطحها وذلك برسم التفاصيل الجغرافية على مستو وتسمى هذه الأدلة الجغرافية خرطا والخريطة التي تبين سطح الأرض



ش ١٢٣ كرة أرضية

جميعه تسمى (مابونند) فإذا كان سطح الأرض اسطوانيا أو مخروطيا أمكن فردة على مستو بدون أن يتغير مطلقا تماثل الأجزاء وأبعادها النسبية لكن الأرض هي تقريبيا كروية وانفرادها مستحيل بالكلية بحيث إن الخريطة المستوية تكون بالضرورة دلالة غير تامة للأرض أو لجزء منها فتارة يتغير شكل الأجزاء وتارة أبعادها أو الاثنين معا إذا اشتملت الخريطة على جميع سطح الأرض أو على جزء عظيم منها والمابونند هي اجتماع خريطتين منفصلتين كل واحدة منهما تبين نصف كرة ولا نشاء أن تستعمل طريقتان أصليتان

الطريقة الاولى تسمى طريقة المسقط العمادى وهى عبارة عن اسقاط جميع النقط التى يراد رسمها على المايموند بواسطة اعمدة على دائرة عظيمة من الكرة الارضية والطريقة الثانية تسمى طريقة المنظور وهى عبارة عن منظور نصف كرة على الدائرة العظيمة المحددة لها فيه نقطة النظر فى طرف القطر العمودى على مستوى المسقط المقابل لنصف الكرة المعتبر

وسنشرح هاتين الطريقتين المستعملتين لرسم الخطوط الجانبية والموازيات المكونة للمايموند

٣٤٧ - طريقة المسقط العمادى - فى هذه الطريقة يؤخذ مستوى المسقط دائرة عظيمة من الكرة كدائرة جانبية أو خط الاستواء وحيث ان جميع نقط السطح الكروى مسقطه باعمدة نازلة منها على مستوى المسقط ينتج

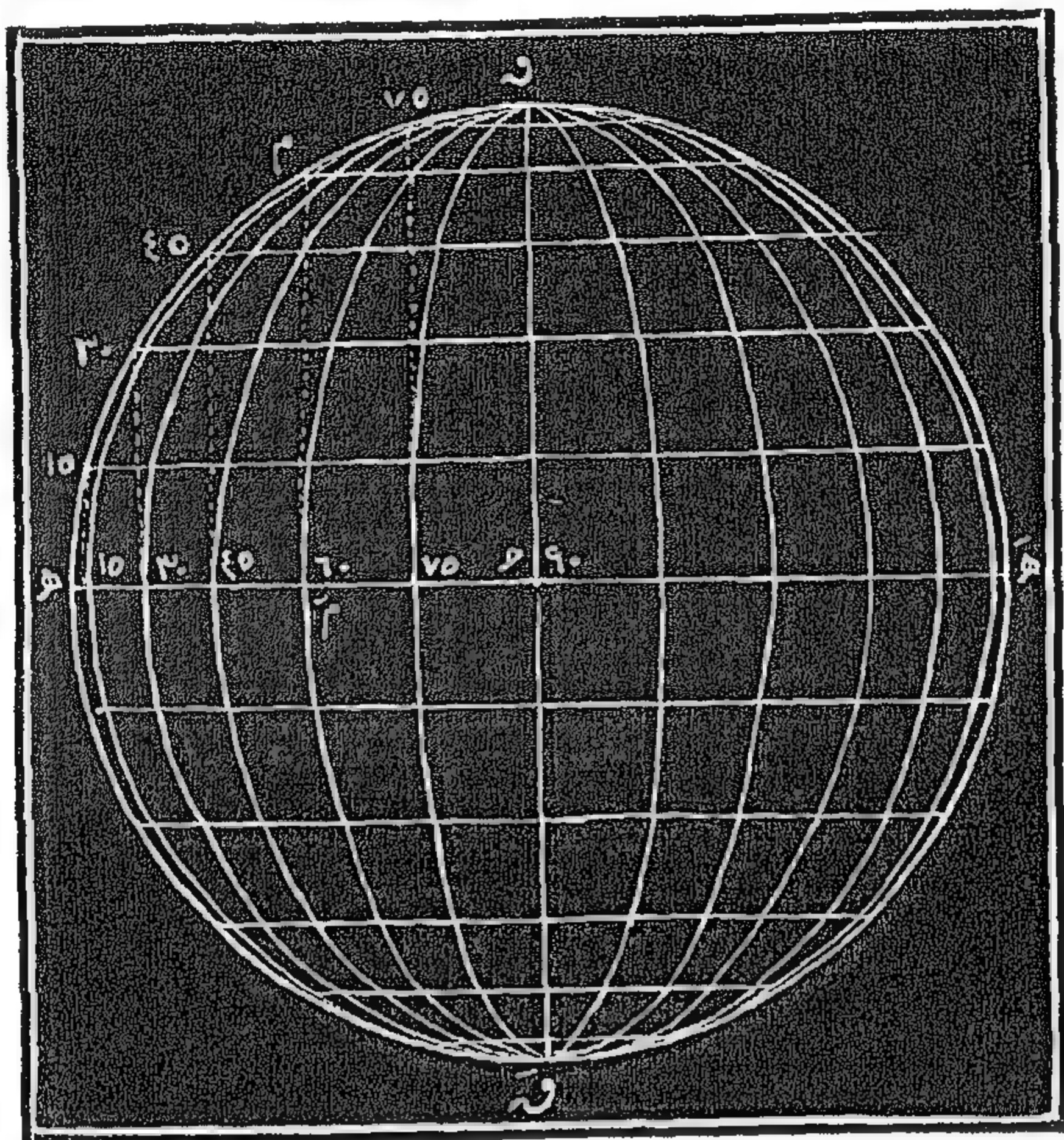
أولاً - ان الدائرة التى مستويها عمود على مستوى المسقط تنسقط على خط مستقيم  
ثانياً - ان الدائرة التى مستويها مواز لمستوى المسقط تنسقط على دائرة نصف قطرها كنصف قطر الدائرة المسقطه

ثالثاً - ان الدائرة التى مستويها مائل على مستوى المسقط تنسقط على قطع ناقص محوره الاكبر يساوى قطر الدائرة مضروباً فى جيب تمام زاوية ميل المستويين

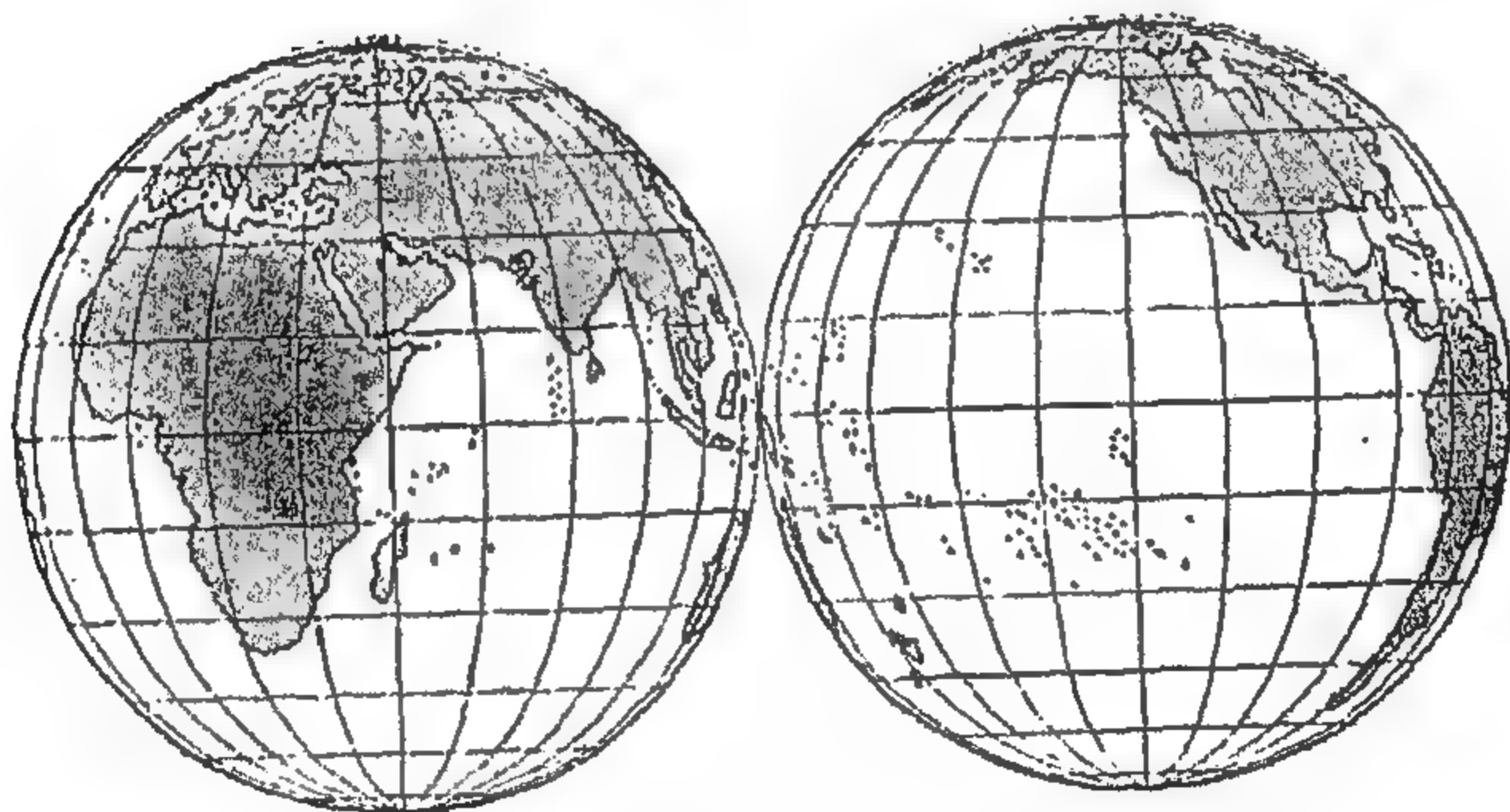
٣٤٨ - المسقط على دائرة جانبية - المستوى الجانبي الذى يسقط عليه هو دائرة عظيمة أحد أقطارها يدل على خط الاستواء وجميع الموازيات تنسقط على خطوط مستقيمة موازية لذلك القطر ولاجل رسمها يقسم نصف المحيط المحصور بين القطبين الى أقواس متساوية تدل على العروض من ١٠ الى ١٠ أو من ١٥ الى ١٥ مثلاً ثم يمتد من جميع نقط التقاسيم خطوط مستقيمة موازية للمستقيم الدال على خط الاستواء

والمستوى الجانبي الكائن على بعد ٩٠ من مستوى المسقط يكون ممينا بقطر عمودى على خط الاستواء وطرفاه هما القطبان وجميع المستويات الجانبية الاخرى مساقطها اقطاعات ناقصة محورها الاكبر المشترك هو خط القطبين ويسهل تعيين المحور الاصغر لكل منها بان تتصور أن خط الاستواء انطبق على مستوى الشكل فأثرات المستويات الجانبية على هذا المستوى هى انصاف الاقطار التى مثل حم (شكل ١٢٤) فاذا أنزل العمود م م على ه ه فنقطة م تكون هى مسقط نقطة م من المستوى الجانبي وخط حم يكون هو المحور الاصغر للقطع الناقص ويساوى جيب تمام طول المستوى الجانبي

وحيث علم المحور الأكبر والمحور الأصغر للقطع الناقص يمكن رسمه (شكل ١٢٤ و ١٢٥)



ش ۱۳۴ المسقط العمادی علی مستوی جانی

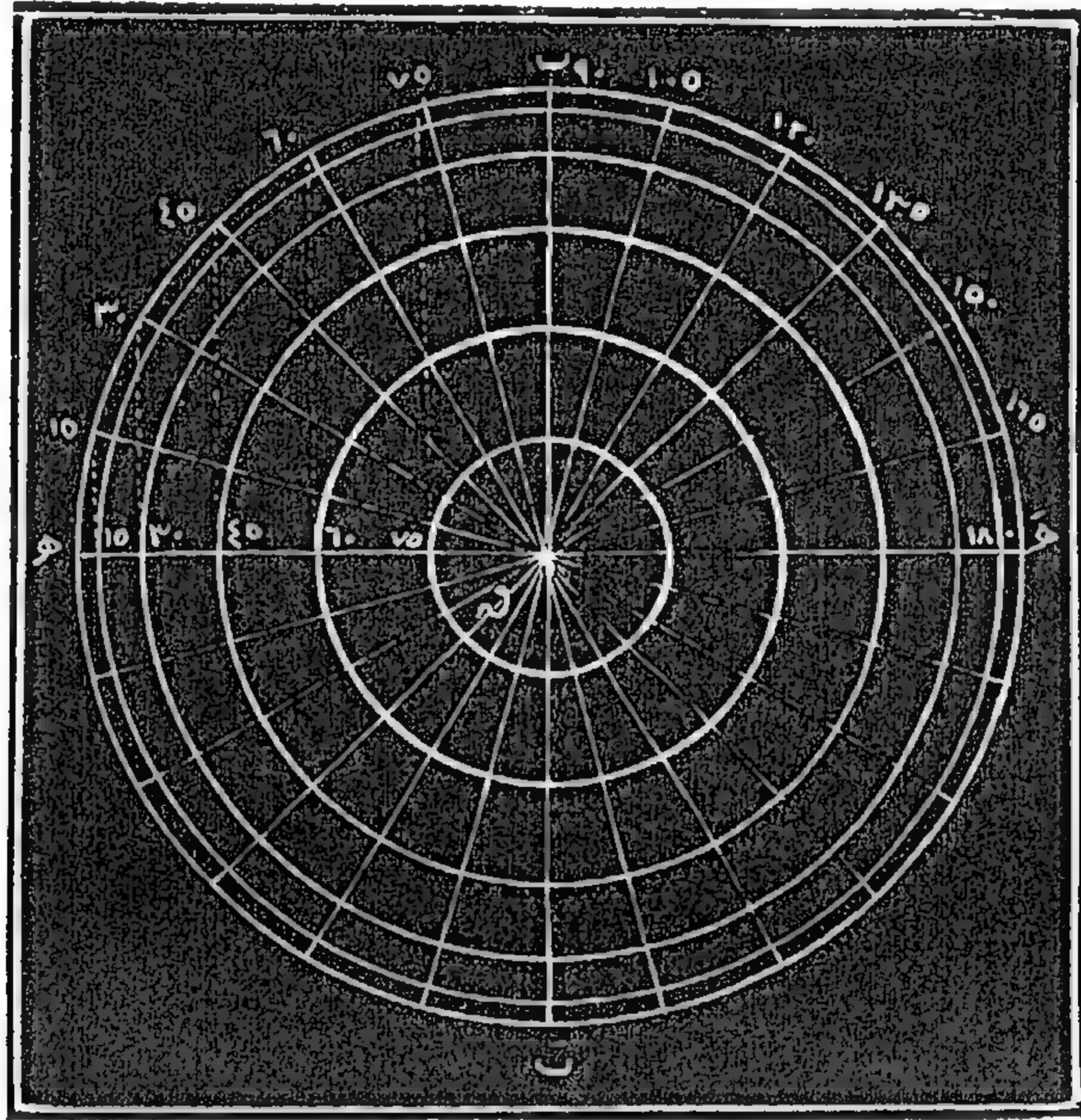


ش ۱۲۵ مایونذ المسقط العبادى على مستوى جاني

٣٤٩ - المسقط على خط الاستواء - (شكل ١٢٦) اذا جعلت دائرة خط الاستواء مستوي مسقط فجميع المستويات الجانبية العمودية على مستوى خط الاستواء تكون مبينة باثراتها أعني بانصاف أقطار دائرة الاستواء المذكورة فبقسمة خط الاستواء الى أقواس متساوية تقدر الاطوال ترسم الخطوط الدالة على المستويات الجانبية وأما الموازيات فانها



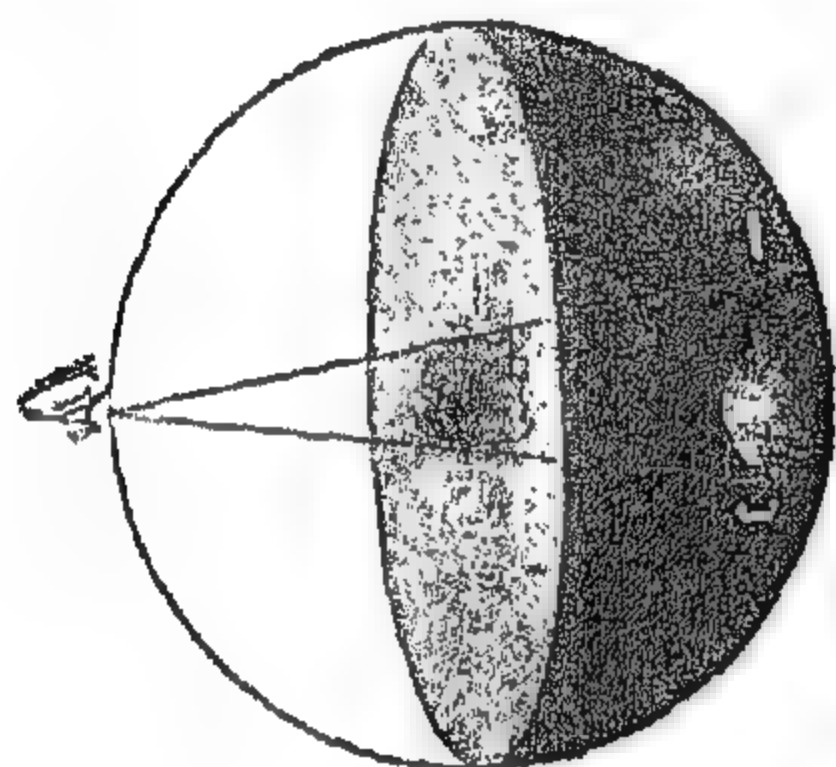
تسقط بمقاديرها الحقيقية على دوائر مركزها مركز دائرة مستوى المسقط وبفرض انطباق المستوى الجانبي هـ هـ على مستوى المسقط تسقط على هـ هـ نهايات الاقواس التي تدل حينئذ على عروض الموازيات المختلفة وهذا يرجع الى اخذ أطوال مساوية لانصاف أقطار هذه الموازيات بالابتداء من المركز



ش ١٢٦ المسقط العمادي على خط الاستواء

٤٥٠ - عيوب ومزايا طريقة المسقط العمادي - خطأ طريقة المسقط العمادي يكون معدوماً في المركز وبأخذ في الاعتبار من المركز نحو الأطراف فالدائرة الصغيرة من الكرة تسقط في المركز بمقاديرها الحقيقية وبمجرد تباعد مركزها عن النقطة التي هي أكثر ارتفاعاً من نصف الكرة فإن القطع الناقص الذي يكون مسقطها يستطيل شيئاً فشيئاً ومحوره الأكبر يبقى ثابتاً لكن محوره الأصغر يأخذ في النقص بحيث تمام ميل مستوى الدائرة على مستوى المسقط وفي الآخر يصير معدوماً ومسقط الدائرة يتحول إلى خط مستقيم والمساقط العمادية تتغير حينئذ تشابه أشكال السطح وتغير المساح كذاً ولا توافق حينئذ الأبعاد المركزية ولذا تستعمل لرسم الاقطار المجاورة للأقطاب وفي هذه الحالة يكون مستوى المسقط هو مستوى خط الاستواء

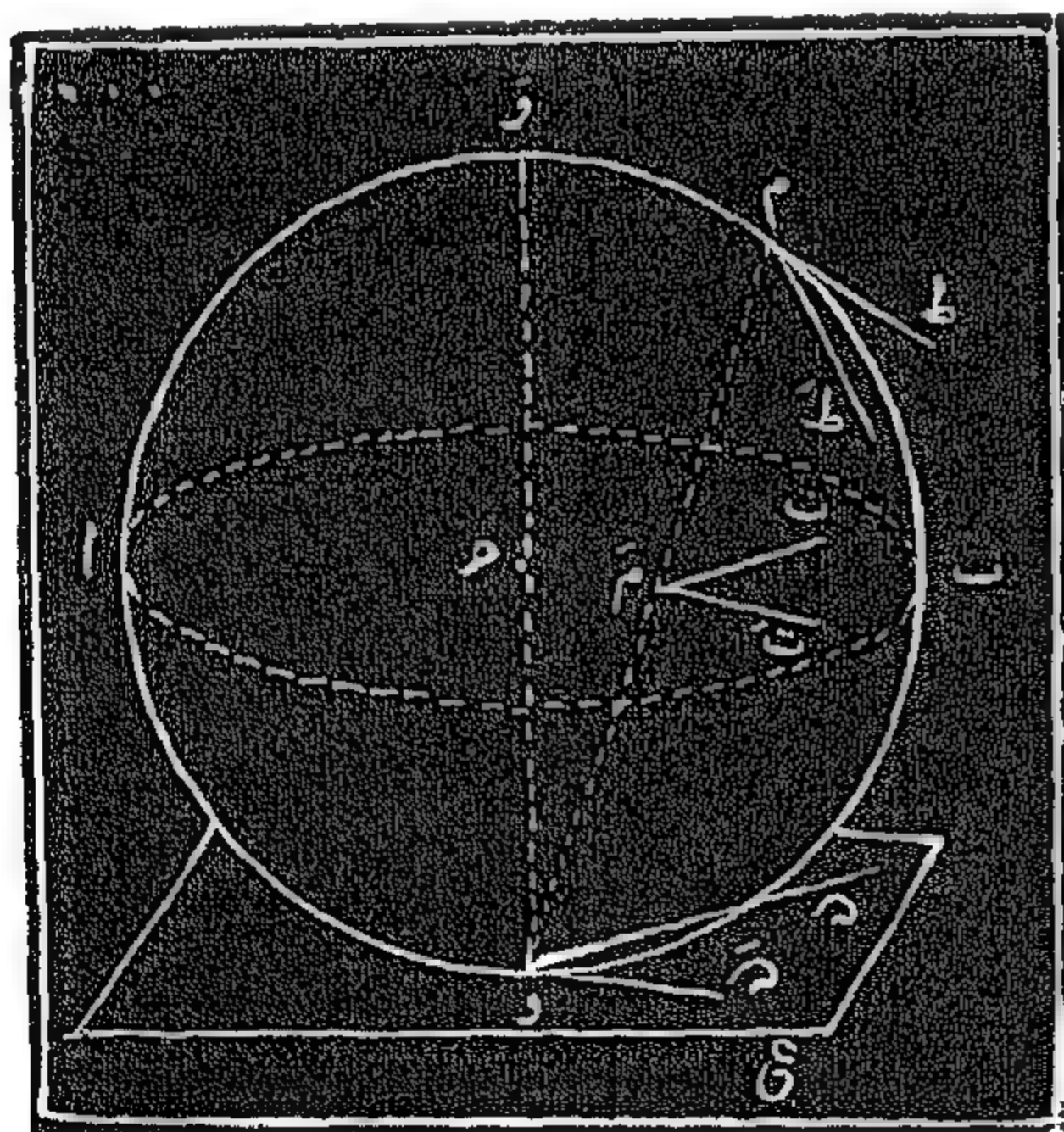
٣٥١ - المسقط بطريقة المنظور - في هذه الطريقة تستعمل الدائرة العظيمة التي تقسم الكرة الى نصفين مرتين مستوى مسقط لكل من النصفين المذكورين وطرفا قطر الكرة العمودي على مستوى المسقط هما نقطتا النظر والشعاع البصري الواصل لنقطة من السطح الكروي يخترق مستوى المسقط في نقطة تكون هي منظور النقطة الاولى . ومنظور خط حيثما اتفق من السطح هو تقاطع ذلك المستوى (مستوى المسقط) بالمخروط المتكون من جميع الاشعة البصرية الواصلة الى جميع نقط الخط ومتى كانت النقط المختلفة من خط في مستوى واحد ما بنقطة النظر يكون منظور هذا الخط خطا مستقيما (شكل ١٢٧)



ش ١٢٧

والخاصية الاساسية لطريقة المنظور هي انها تحتفظ الزوايا ولذا انها لا تغير تشابه الاشكال وانما تغير المساحات وهذه الخاصية تنحصر في ثلاث مسائل وهي التي تستعمل لانشاء المستويات الجانبية والموازيان

٣٥٢ - المسئلة الاولى - منظور خطين من السطح متقاطعين على زاوية ما هما خطان صانعان بينهما زاوية مساوية لها - ليكن ا ب (شكل ١٢٨) دائرة عظيمة هي



ش ١٢٨

مستوى المسقط ونقطة و هي نقطة النظر و م ط المماسين للمخمين من السطح اللذين يتقاطعان في نقطة م وان ط م ط هي الزاوية التي تقدر زاوية الخطين المعلومين في المسئلة (ويحصل على منظور م ط مثلاً بمدة الى ان يقابل مستوى المنظور ثم وصل نقطة التقابل بنقطة م) فنظورها هي الزاوية ت م ت المتكوّنة بين منظوري المماسين والمستويات المحددة لهذه المنظورات تقطع سطح الكرة في قوسين

من دائرة صغيرة يمران بنقطة النظر و فزاوية هذين القوسين تقدر بزاوية المماسين و و و كزاوية المماسين م ط و م ط لانه اذا م ط و م ط الى أن يقابلا المستوى المماس للكرة في نقطة و في نقطتين يحصل و و و ويحدث مثلثان م و و



و  $\angle \text{و} = \angle \text{م}$  لانهما مماسان للكرة من نقطة واحدة و  $\angle \text{و} = \angle \text{م}$  كذلك و  $\text{م} = \text{و}$  مشترك فتكون زاوية  $\text{م} = \text{و}$  أعني

$$\angle \text{و} = \angle \text{م} \quad (١)$$

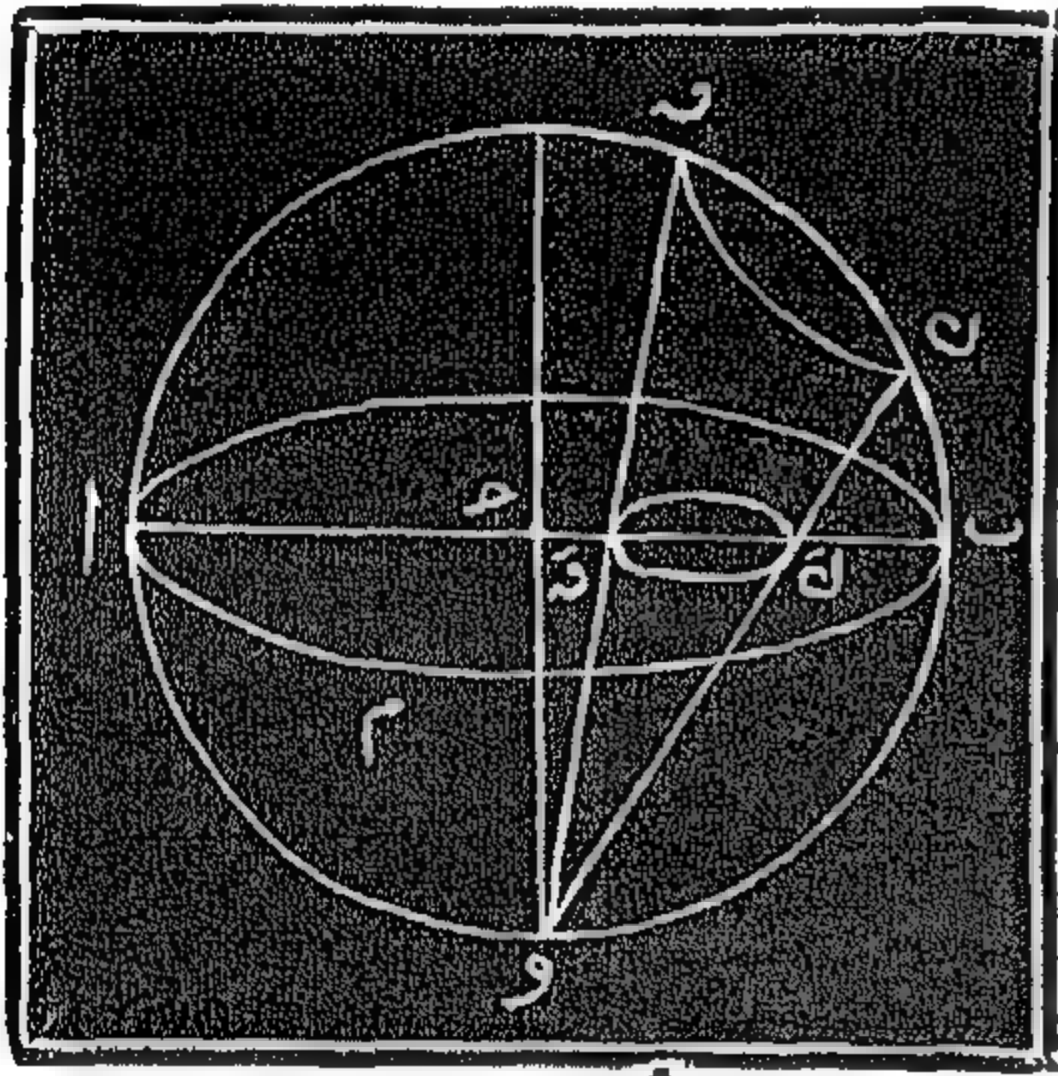
وحيث ان المنطوريين  $\text{م} \text{ ت}$  و  $\text{م} \text{ ت}$  موازيان على التناظر للمماسين الممدودين من و لان مستوى المسقط بالضرورة مواز للمستوى المماس في هذه النقطة الأخيرة يكون

$$\angle \text{م} \text{ ت} = \angle \text{و} \quad (٢)$$

ومن المتساويتين (١) و (٢) يحدث

$$\angle \text{م} \text{ ت} = \angle \text{و}$$

٣٥٣ - المسئلة الثانية . منظور دائرة من الكرة هو دائرة - ليكن اوب (شكل ١٢٩) دائرة عظمية من الكرة عمودية على مستوى المسقط و اب أثرها عليه ونقطة و هي نقطة النظر وتعتبر على نصف الكرة



ش ١٢٩

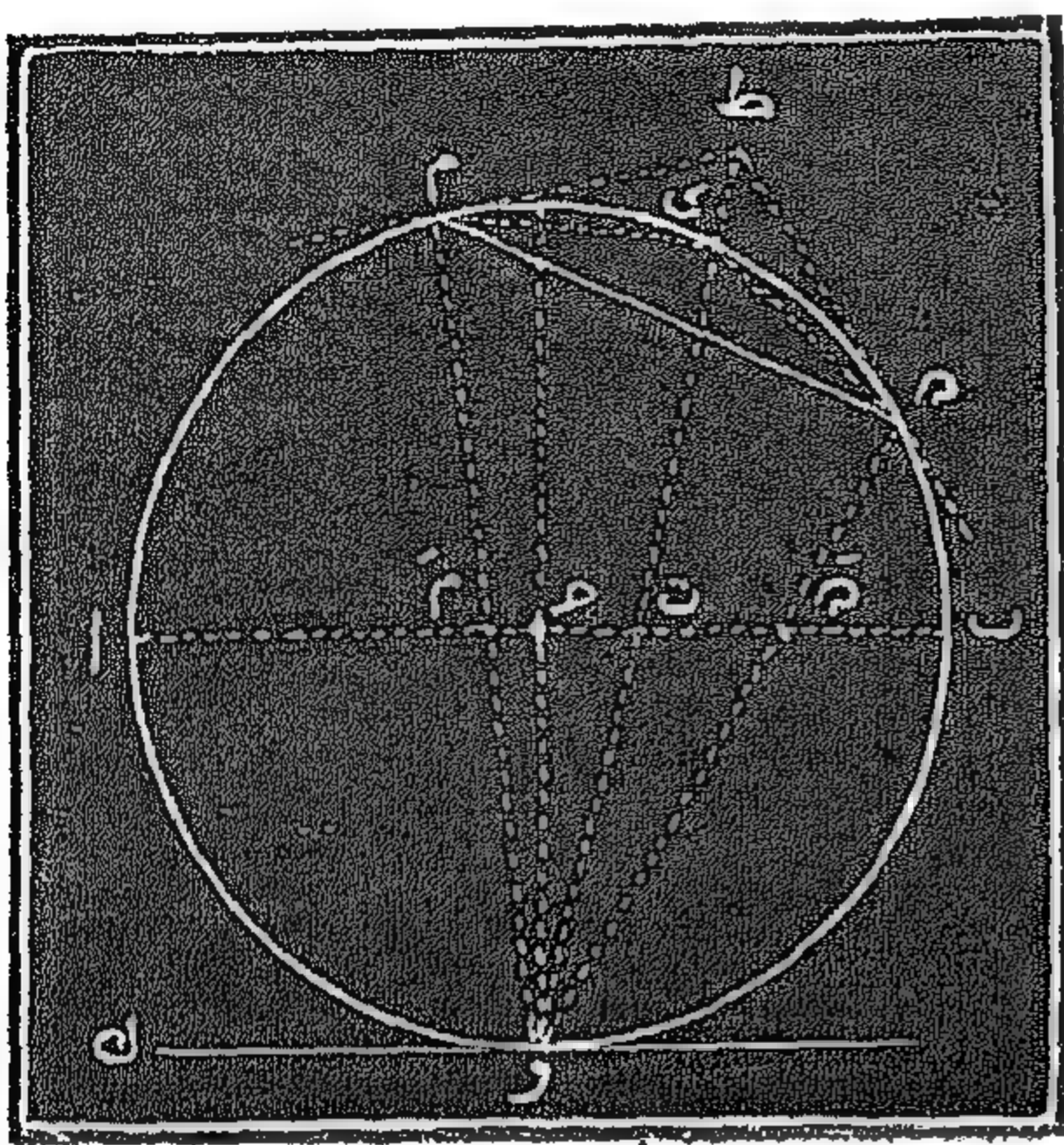
المقابل دائرة و ك التي نفرضها في مستو عمود على مستوى الشكل فالخروط المتكون من الاشعة البصرية و و ك يقطع مستوى المسقط في منحن أثره على الشكل يكون هو الخط و ك ولا يثبت ان هذا المنحنى هو دائرة كذلك يكفي اثبات ان مستوى المسقط اب يكون قطاع شبيه الموازي في المخروط و و ك ذي القاعدة المستديرة (١)

لان الزاوية و و ك معيارها نصف القوس  $\frac{1}{2}(\angle \text{و} + \angle \text{ك})$  والزاوية ك و و معيارها  $\frac{1}{2}(\angle \text{و} + \angle \text{ك})$  أعني ان منظور الدائرة و ك هو دائرة كذلك

(١) المقاطع المحاذية في مخروط مائل ذي قاعدة مستديرة بمستويات موازية لهذه القاعدة هي بداهة محيطات دوائر غير انه اذا قطع المخروط بمستوى مائل على أحد الراسمين الاصلين بزاوية تساوي ميل قاعدة المخروط على راسمه الثاني فان المقاطع المحاذي يكون دائرة أيضا واثبات ذلك في تطبيق الجبر على الهندسة تأليفنا



٣٥٤ - المسئلة الثالثة . منظور دائرة مركزها منظور رأس المخروط المرسوم



ش ١٣٠

على الكرة على حسب محيط هذه الدائرة -  
ليكن م د قطر دائرة المنظور فيكفي اثبات  
أن نقطة ت التي هي منظور نقطة ط هي

وسط م د (شكل ١٣٠)

فن المثلث م و ت يتحصل

$$\frac{م ت}{و ت} = \frac{ح ا م و ت}{ح ا م و ت} = \frac{ح ا ط م}{ح ا م و ت}$$

$$\frac{ح ا ط م}{ح ا م و ت} = \frac{ط م}{م ط}$$

ومن المثلث و ت د يتحصل كذلك

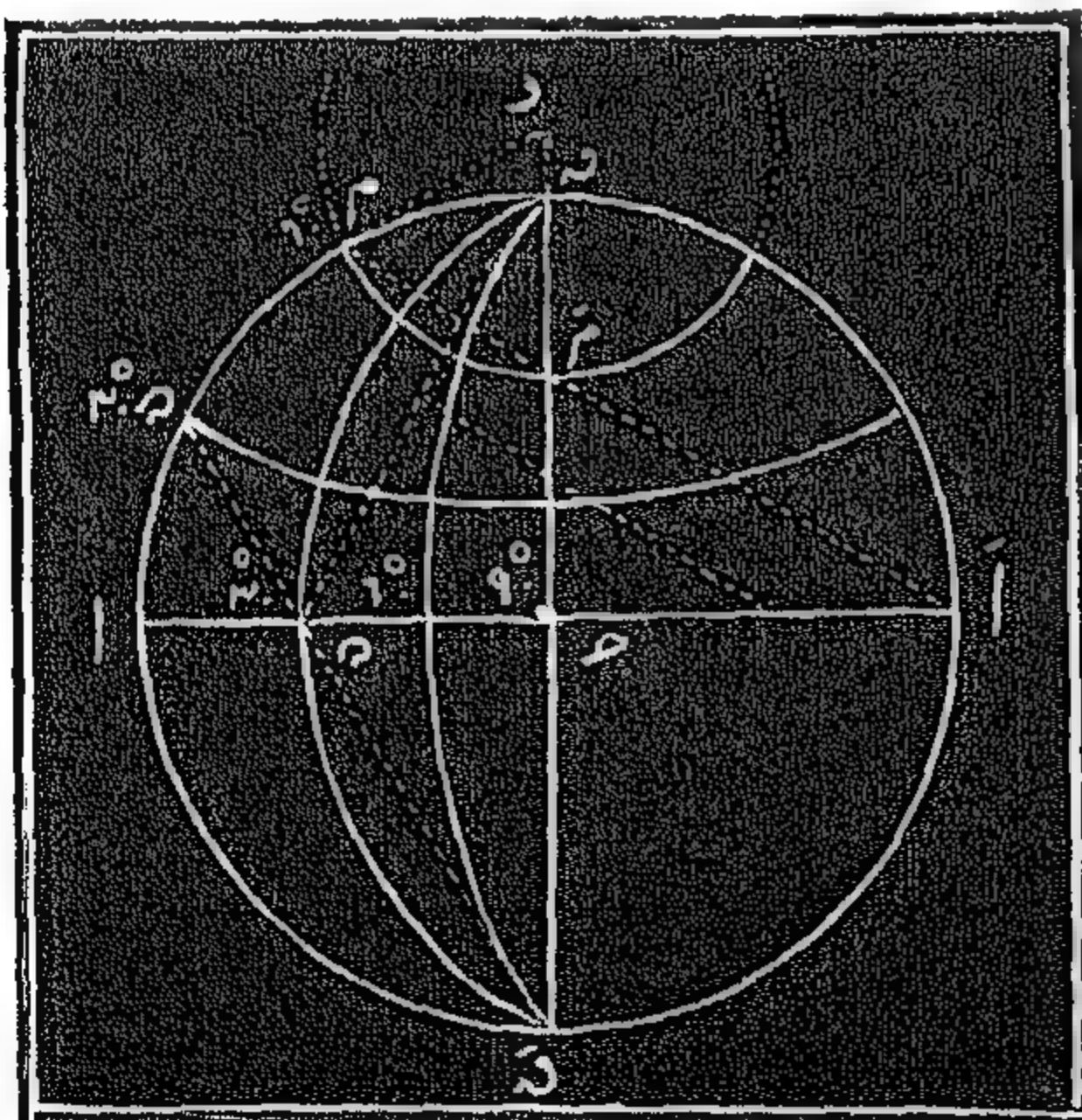
$$\frac{و ت}{ح ا و ت} = \frac{ح ا و ت}{ح ا و ت} = \frac{ح ا ط و ت}{ح ا و ت} = \frac{ط و ت}{ح ا و ت}$$

ويتحصل

$$\frac{م ت}{و ت} = \frac{ط م}{م ط} \quad \text{و} \quad \frac{و ت}{ح ا و ت} = \frac{ط و ت}{ح ا و ت} \quad \text{ويحدث} \quad م ت = و ت$$

٣٥٥ - المستط على مستوى جانبي - بناء على الثلاث مسائل التي أثبتنا ها يسهل

رسم الخطوط الجانبية والموازيات الارضية للمستط بطريقة المنظور ويؤخذ في الغالب ك مستوى



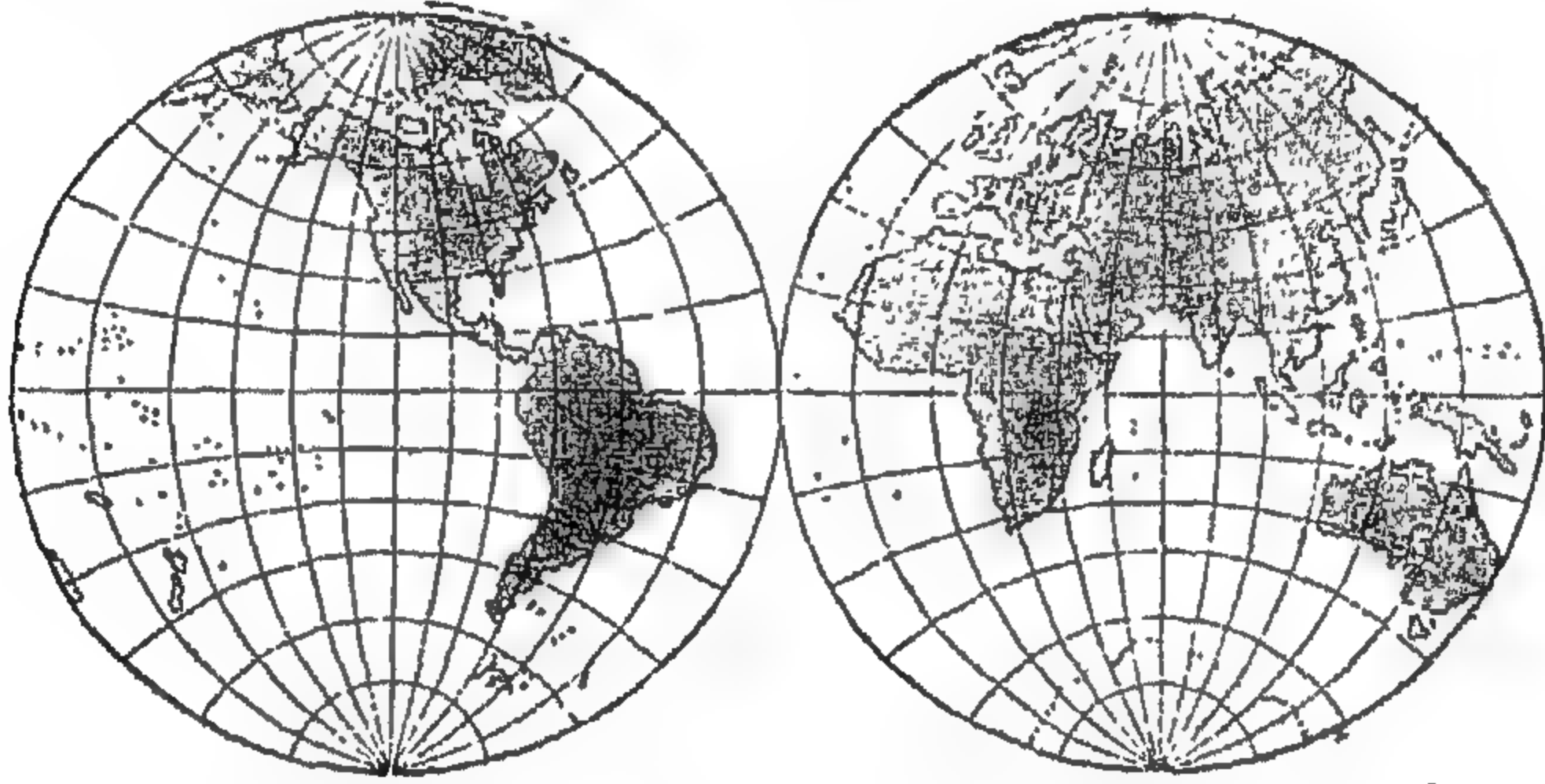
المستط بطريقة المنظور على مستوى جانبي

ش ١٣١

مستط أحد المستويات الجانبية أو مستوى  
خط الاستواء وأحياناً مستوى أفق المحل  
وسنبين بالايجاز الانشاء الهندى للرسم بكل  
من هذه الطرق مبتدئين بالمستط على  
مستوى جانبي

ليكن ان آن (شكل ١٣١) الدائرة  
العظيمة الدالة على المستوى الجانبي ونقطة  
النظر موضوعة في أحد طرفي القطر العمودي  
على مستوييه وموجودة في آن واحد في  
مستوى خط الاستواء وفي المستوى الجانبي

الكائن على بعد  $٩٠^\circ$  من الاقل مستوى خط الاستواء يمين المستقيم  $١١$  والمستوى الجانبي العمودي على مستوى المنظور يمين بالقطر  $٧$  العمودي على  $١١$  و  $٧$  و  $٧$  هما القطبان والحصول على الدائرة التي تكون منظور الموازي حيثما اتفق وليكن موازي  $٦٠^\circ$  مثلاً يلاحظ أن منظور المركز يوجد على خط القطبين الذي هو الجامع لرؤس جميع المخاريط المرسومة على الكرة وقواعد هذه الموازيات وعلى المماس الممدود بنقطة قسم  $٦٠^\circ$  من المستوى الجانبي المعلوم لان نقطة  $٧$  تكون في مستوى المنظور ويكون منظورها تقسمها وهي منظور رأس المخروط الذي قاعدته الموازي  $٦٠^\circ$  وعليه تكون هي مركز منظور الموازي المذكور وحينئذ تكون في  $٧$  التي هي تقاطع هذين الخطين



ش ١٣٢ مائوندا المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي

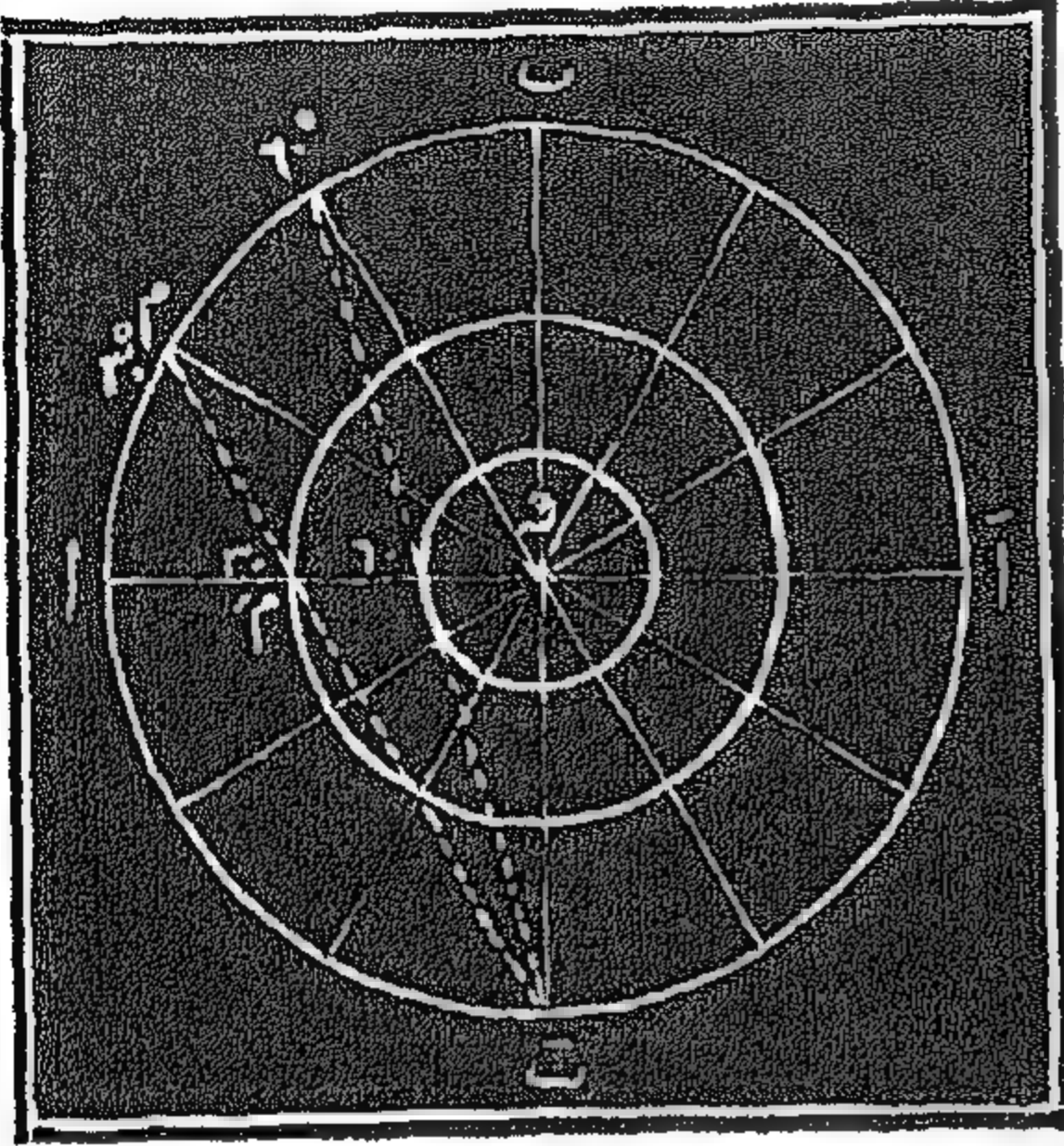
ويمكن إيجاد المركز و بطريقة أخرى وهي ان نفرض انطباق المستوى الجانبي المشتمل على نقطة النظر على مستوى الشكل فهذه النقطة تصير  $١$  فنصل الشعاع البصري الذي ينتهي الى القسم  $٦٠^\circ$  فهذه الخط يعطى في  $٧$  منظور النقطة التي فيها موازي  $٦٠^\circ$  يقطع المستوى الجانبي المشتمل على نقطة النظر والخط  $٧$  هو وتر الدائرة المبحوث عنها التي مركزها يوجد على العمود المقام من وسط الوتر المذكور

ولانشاء مسقط أحد المستويات الجانبية وليكن المستوى الجانبي  $٣٠^\circ$  مثلاً يلاحظ ان القطبين  $٧$  و  $٧$  هما نقطتان من هذا المسقط ويكفي حينئذ إيجاد نقطة ثالثة منه ولذا يفرض انطباق مستوى خط الاستواء على مستوى الشكل فنقطة النظر تصير في  $٧$  والنقطة التي فيها المستوى الجانبي المطلوب يقطع خط الاستواء تصير في نقطة قسم  $٣٠^\circ$  بعد  $١$  والشعاع البصري  $٧$  يقطع  $١١$  في نقطة  $٧$  تكون هي منظور النقطة الثالثة المبحوث عنها ويتم باقي الرسم على حسب قواعد الهندسة المعروفة

و (شكل ١٣٢) يبين مائوندا المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي



٣٥٦ - المسقط على دائرة الاستواء - المسقط بطريقة المنظور على دائرة الاستواء



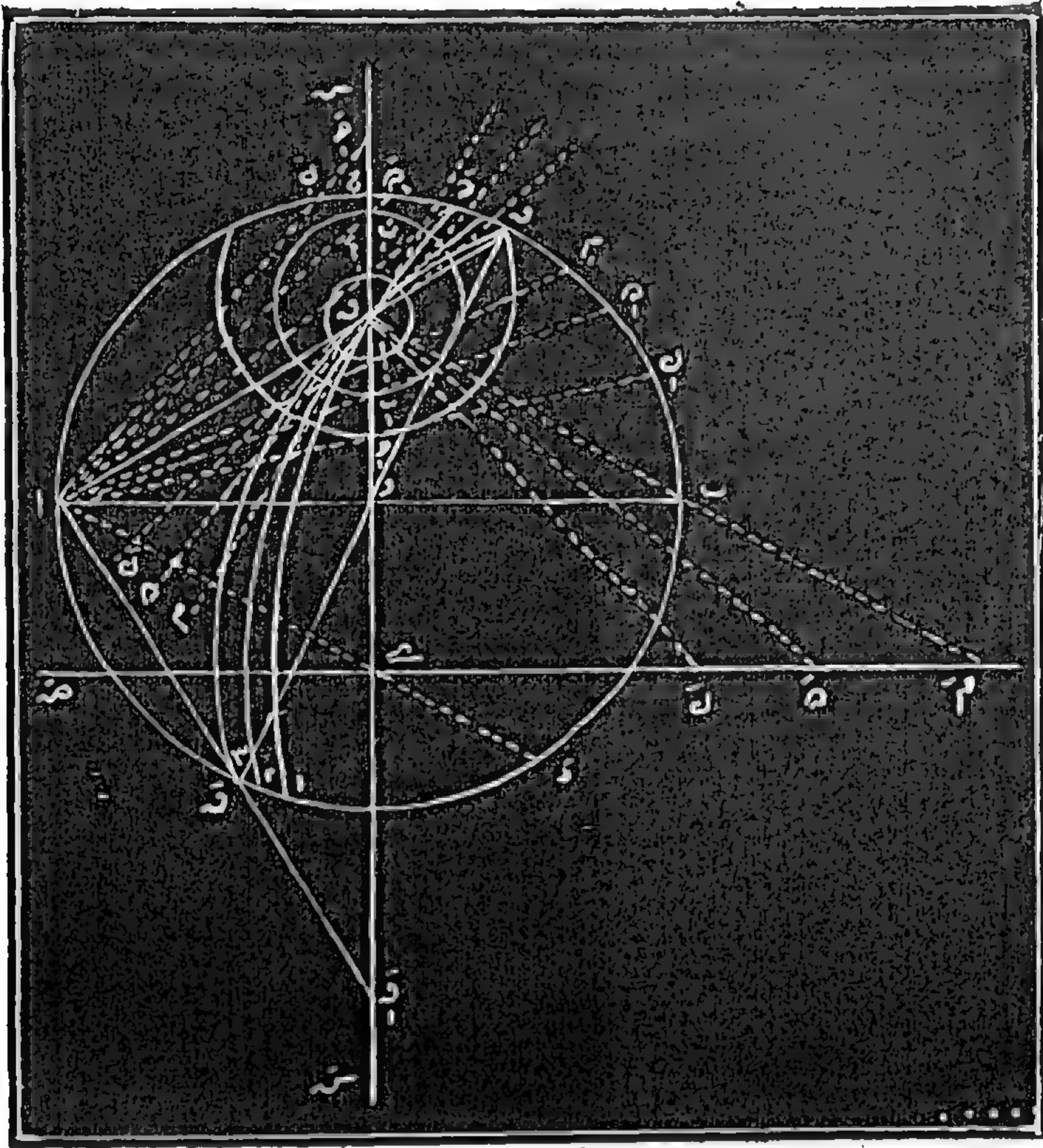
يتحصل منه على سهولة في عمل الرسم لأن مركز  
الدائرة العظيمة الدالة على مستوي خط  
الاستواء يكون هو منظور القطب  
(شكل ١٣٣) ولما كانت جميع الدوائر الجانبية  
عمودية على دائرة الاستواء ومارة بالقطبين  
أي بنقطة النظر فتكون مبينة بانصاف أقطار  
تصنع فيما بينهما زوايا مساوية لفرقات  
أطوالها المناظرة لها

وأمّا الموازيات فهي دوائر متحدية المركز مركزها  
المشترك هو القطب ويكفي لرسمها الحصول على  
منظور نقطة من كل واحدة منها ويتحصل على ذلك بانطباق مستوي جاني خيّمات اتفق على  
مستوي الشكل فنقطة النظر تنطبق في ت و بعد جعله أشعة بصرية من هذه النقطة إلى النقط  
المختلفة من النمر التي تبين العروض على المستوي الجاني المنطبق تحصل على أ أ النقط  
المبحوث عنها التي مثل م

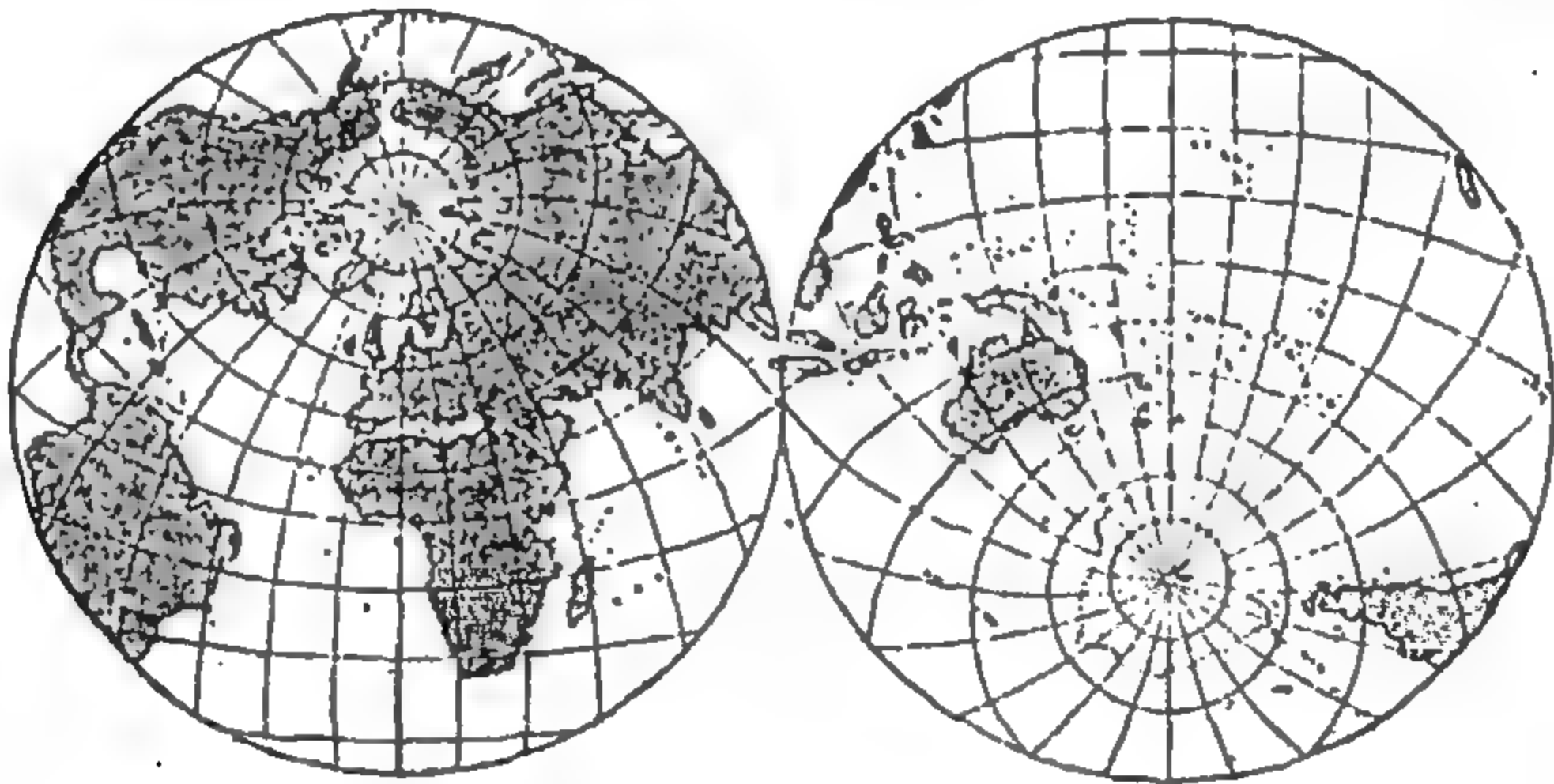
٣٥٧ - المسقط على الافق (شكل ١٣٤) - إذا أجرى المسقط على افق محل معلوم  
يكون هذا المحل مبيّنًا عليه بالمركز و الخريطة وأمانة نقطة النظر فهي طرف القطر العمودي  
على الافق وهي عبارة عن النقطة المناظرة لذلك المحل والمستوي الجاني يكون مبيّنًا بالمستقيم  
س س الذي يجب أن يحتوى على منظور القطبين وللحصول عليهم ما يطبق المستوي الجاني  
على مستوي الشكل نخط القطبين ينطبق في ن ن والزوايا و و س تكون مساوية  
لعرض البلد وحيث أن نقطة النظر منطبقة في أ فب د أ و أ ن يتحصل على  
المنظورين ن و ب للقطبين والاول هو الموجود داخل دائرة المسقط فقط

والحصول على مساقط الموازيات يقسم المستوي الجاني المنطبق بالابتداء من ن إلى أقواس  
متساوية من ١٠ إلى ١٠ مثلاً ثم توصل الأشعة البصرية أ م و أ د إلى النقطتين  
م و د اللتين تحتصان بموازي واحد فالنقطتان أ و أ تكونان هما منظور هاتين  
النقطتين أعني طرفي قطر من أقطار هذا الموازي و برسم دائرة على أ أ كقطر يتحصل على  
مسقط الموازي





ش ١٣٤



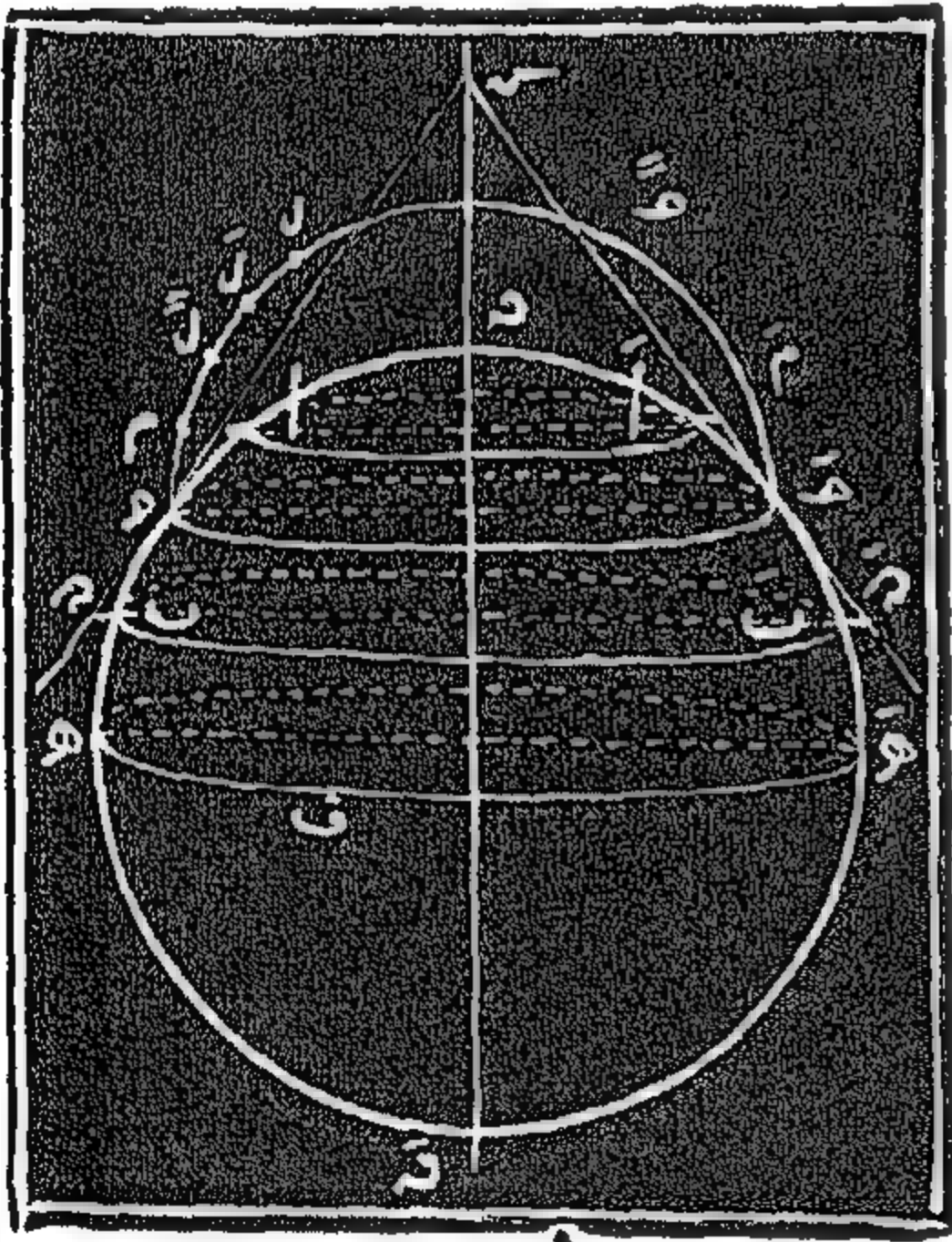
ش ١٣٥ ما يُمَوِّد المسقط بطريقة المنظور على الافق

واللحصول على مساقط المستويات الجانبية يعلم ان مساقطها تصنع بين بعضها زوايا هي عين  
الزوايا التي تصنعها نفس المستويات الجانبية وبناء على ما تقدم اذا مَدَّ بالقطب  $\gamma$  بجهة  
مستقيمات تكون مع بعضها ومع  $\gamma$  زوايا متساوية من  $١٠^\circ$  الى  $١٠^\circ$  مثلا تكون

هي منظورات مماسات للمستويات الجانبية الممدودة بالقطب . وحيث ان مسانط هذه المستويات الجانبية هي دوائر تمر بالنقطتين  $ق$  و  $ق'$  فلرسمها يدعى بمقتصف الخط  $ق ق'$  وهي في عمود صه صه' توجد عليه جميع مراکز منظورات الدوائر الجانبية و (شكل ١٣٥) يبين ما يكون المسقط بطريقة المنظور على الافق

٣٥٨ - من ايا و عيوب المسقط بطريقة المنظور - المزية الاصلية للمسقط بطريقة المنظور تنبع من خاصية هذا الطريقة وهي حفظ الزوايا ويتبعه تشابه المحيطات فالشكل الصغير جدا المرسوم على سطح الكرة مسقطه بطريقة المنظور شكل مشابه له لكن في نظير ذلك نسب المسطوح متغيرة فبالقرب من مركز الخريطة مسقط طول ما هو خط أقل من نصفه وأما في جهة أطرافها فان ذلك المسقط يكون مساويا للخط المسقط تقريبا ويتبع ذلك ان المساحتين المتساويتين على الكرة مساقطهما على الخريطة مساويين يمكن أن تتغير من واحد الى أربعة والمسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي مستعمل على الخصوص للمايوند الارضية

٣٥٩ - الانفراد المخروطي - ليكن  $ق$  و  $ق'$  هـ هـ' (شكل ١٣٦) الخط الجانبي



ش ١٣٦

المتوسط أعني الموجود على بعدين متساويين من الخطين الجانبيين المتطرفين من السطح المعتبر وليكن كذلك هـ ه' خط الاستواء و  $ق$  و  $ق'$  القطبين وليكن الجزء المطلوب يمانه محصورا بين العرضين هـ ب و هـ ا

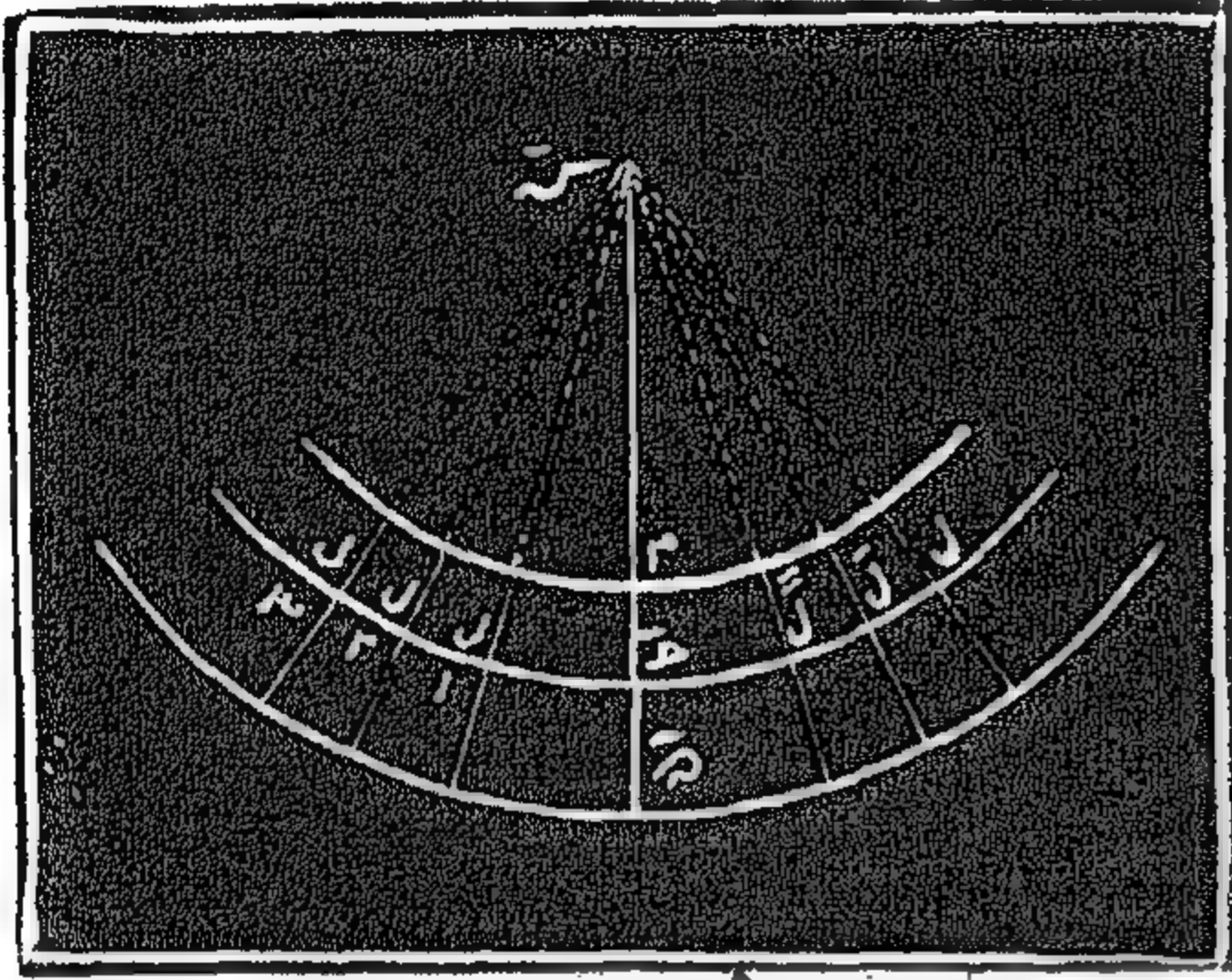
فاذا رسم مخروط مماس للكرة في الموازي المتوسط  $ح ح'$  فالمخروط الناقص  $م م'$  المحصور بين مستويي الموازيين  $ب ب'$  و  $ا ا'$  يختلف قليلا عن المنطقة  $ا ب ا'$  مادام طول القوس  $ا ب$  ليس ذا طول كبير وحينئذ يمكن بدون خطأ

محسوس تعويض سطح المخروط الناقص القابل للانفراد ب سطح المنطقة غير القابل له وفي هذه الطريقة تكون الخطوط الجانبية مميّنة برواسم مستقيمة والموازيات بأقواس من دوائر

٣٦٠ - انشاء الخريطة - ليكن  $ح ح'$  انطباق الموازي  $ح ح'$  على مستوى الخط الجانبي  $ق$  و  $ق'$  هـ ه' (شكل ١٣٦) فتعين على هذا الانطباق نقطة  $ل$  التي فيها



يقطع الخط الجانبي المتطرف الموازي ح ح' والنقط ل' و ل' و ... التي تدل على أوضاع خطوط جانبية أخرى يراد بيانها على الخريطة ثم يفرد بعد ذلك المخروط الناقص م م' و ل' ولذا يرسم من نقطة ما مثل س س' مركز (شكل ١٣٧) قوس نصف قطره س س' ح' يساوي س س' (شكل ١٣٦) فهذا القوس يدل على الموازي المتوسط والموازيات



ش ١٣٧

الأخرى أقواس مركزها مركز القوس المذكور وانفرض رسم الموازين المتطرفين فقط فيكون س س' = س س' و س س' = س س' فيؤخذ ح' ح' و ح' ح' كل منهما يساوي المقدار الحقيقي للقوس ح' ح' وبواسطة س س' و س س' يتحصل على حدود الخريطة ثم بعد ذلك يمكن تعيين خطوط جانبية أخرى بأخذ كل من

ح' ح' و ح' ح' و ح' ح' يساوي المقدار الحقيقي للأقواس ح' ح' و ح' ح' فاذلزم أخذ خط الاستواء موازيا متوسط يؤول المخروط المماس إلى اسطوانة

٣٦١ - من ايا وعيوب طريقة الانفراد المخروطي - في الانفراد المخروطي تقاطع الخطوط الجانبية والموازيات على زاوية قائمة على الخريطة كما على الكرة الأرضية والسطوح المجاورة للموازي المتوسط تكون قريبة من الضبط لكنها يعتريها تغير يصير أكثر ظهورا كلما ابتعدت عن الموازي المتوسط المذكور وبسبب هذا العيب قصر استعمال هذه الطريقة على الحالة التي فيها البلدان المطلوب بيانها محصورة بين موازين متقاربين كثيرا

انتهى

بحمد الله وحسن توقيقه ثم طبع هذا الكتاب الحسن المستطاب مصححا بمعرفة حضرة مؤلفه بالمطبعة الكبرى الاميرية في ظل الحضرة الخديوية التوفيقية أدام الله غيوث انعامها على الرعية وحفظ انجالها الكرام بعينه التي لاتنام وكان تمام طبعه وحسن وضعه في أواخر شهر رمضان المعظم عام ١٣٠٧ من هجرة النبي صلى الله عليه وسلم

ملاح بدر تمام وفاح مسك ختام



(الباب الاول في السماء)

٥ الفصل الاول في الكلام على الشرق والغرب والرأسى والسمت والكرة السماوية والزايية السمئية واليودوليت

٨ الفصل الثانى في الكلام على الحركة اليومية ومحور العالم ومستوى الزوال والبعد السمئى للقطب والآلة الاعتدالية

١٥ الفصل الثالث في المطالع المستقيمة والميل لنجمة والنظارة الزوالية والدائرة الحائطية

٢٠ الفصل لرابع في وصف السماء والصور السماوية والنجوم المشهورة

(الباب الثانى في الارض)

٢٧ الفصل الاول في الكلام على شكل الارض وانعزالها في الفراغ وكرويتها والمنطق السماوية وارتفاع القطب

٣٢ الفصل الثانى في الكلام على الطول والعرض الجغرافيين وتعيينهما

٣٦ الفصل الثالث في تباطيط الارض وشكلها وابعادها

٤٣ الفصل الرابع في الحركة الدورانية للارض

(الباب الثالث في الشمس والارض)

٥١ الفصل الاول في الكلام على الحركة السنوية الظاهرية

٥٤ الفصل الثانى في الكلام على القطر الظاهرى للشمس والحركة النقصية

٦٠ الفصل الثالث في الكلام على قياس الزمن والسنة الانقلابية

٦٧ الفصل الرابع في الكلام على الحركة الحقيقية الانتقالية للارض حول الشمس

٧٠ الفصل الخامس في الكلام على تقدم الاعتدالين والسنة الانقلابية والسنة النجمية وانتقال القطبين السماويين والتمايل

٧٥ الفصل السادس في الكلام على الليل والنهار

٨٠ الفصل السابع في الكلام على الفصول الفلكية

٨٤ الفصل الثامن في الكلام على التقويم

(الباب الرابع في الشمس)

٨٧ الفصل الاول في الكلام على شكل الشمس واختلاف المنظر وبعد الشمس عن

الارض والنسبة بين حجم الشمس والارض

(تابع فهرسة كتاب الاصول الوافية في علم القسموغرافية)

صفحة	
٩٢	الفصل الثاني في الكلام على كلف الشمس ودورانها حول نفسها (الباب الخامس في القمر)
٩٨	الفصل الاول في الكلام على أشكال القمر ودورته النجمية ودورته الاقترانية
١٠٢	الفصل الثاني في الكلام على مدار القمر وايضا حركاته
١٠٧	الفصل الثالث في الكلام على بعد القمر عن الارض وحجمه ومجسمه
١٠٨	الفصل الرابع في الكلام على كلف القمر والحركة الدورانية
١١٤	الفصل الخامس في الكلام على كسوف الشمس وخسوف القمر
١٢٢	الفصل السادس في الكلام على المد والجزر (الباب السادس في السيارات)
١٢٨	الفصل الاول في الكلام على المجموعة الشمسية
١٣٠	الفصل الثاني في الكلام على الحركات الخاصة للسيارات والوقوف والتقهرز والسيارات العليا والسفلى
١٣٧	الفصل الثالث في الكلام على قوانين كبلر وقاعدة الجذب العام
١٤١	الفصل الرابع في الكلام على وصف السيارات الاصلية (الباب السابع في ذوات الاذنان والشهب والكواكب النارية والحجارة الجوية)
١٥٣	الفصل الاول في الكلام على ذوات الاذنان والشهب
١٦٠	الفصل الثاني في الكلام على الشهب والكواكب النارية والحجارة الجوية (الباب الثامن في النجوم الثابتة)
١٦٣	الفصل الاول في الكلام على اختلاف المنظر السنوي للنجوم والنجوم المتغيرة الدورية والوقعية والحديثة والنجوم المزدوجة والمضاعفة
١٦٨	الفصل الثاني في الكلام على القنوان والسدام
١٨٠	الفصل الثالث في الكلام على المزاوول والشواخص (خاتمة في الخريط الجغرافية)
١٨٥	فصل وحيد في الكلام على الكواكب الصناعية والمساقط











